

ÉCOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE DE LYON

Jean HARS
Docteur Vétérinaire

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DE L'ÉLECTROCARDIOGRAPHIE CHEZ LES BOVINS

- L'électrocardiogramme de la vache laitière
 - Application à quelques cas pathologiques
-

THÈSE

présentée à l'Université Claude Bernard de Lyon
Médecine - Pharmacie

et soutenue publiquement le 21 Décembre 1976
pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire

Jean HARS

Docteur Vétérinaire

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DE L'ÉLECTROCARDIOGRAPHIE CHEZ LES BOVINS

- L'électrocardiogramme de la vache laitière
 - Application à quelques cas pathologiques
-

THÈSE

présentée à l'Université Claude Bernard de Lyon

Médecine - Pharmacie

et soutenue publiquement le 21 Décembre 1976
pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire



PERSONNEL ENSEIGNANT DE L'ECOLE NATIONALE
VETERINAIRE DE LYON

- DIRECTEUR Monsieur le Professeur FROGET
- DIRECTEURS HONORAIRES Messieurs les Professeurs
JUNG, TAPERNOUX, FLORIO

/PROFESSEURS/

1. Pharmacie et Toxicologie	M. LORGUE
2. Anatomie descriptive - Extérieur - Anatomie appliquée	M. BARONE
3. Physiologie - Thérapeutique - Pharmacodynamie	M. BOST
4. Histologie - Embryologie - Anatomie pathologique	M. LUCAM
5. Hygiène et Industrie des aliments d'origine animale	M. FLACHAT
6. Parasitologie et Maladies Parasitaires	M. EUZEBY
7. Pathologie médicale des équidés et des carnivores - Législation vétérinaire	M. FONTAINE
8. Pathologie médicale du bétail et des animaux de basse-cour	M. COTTEREAU
9. Technique Chirurgicale - Pathologie Chirurgicale	M. COULON
10. Obstétrique - Pathologie de la Reproduction	M. BERTRAND
11. Pathologie générale - Microbiologie - Immunologie	M. OUDAR
12. Ethnologie - Zootechnie - Economie rurale	M. FROGET
13. Botanique appliquée - Agronomie - Alimentation	M. WOLTER
14. Physique et Chimie biologiques et médicales	M. MAGAT
15. Maladies contagieuses - Zoonoses - Législation sanitaire	M. JOUBERT

PROFESSEURS SANS CHAIRE

M. FERNEY (Détaché à l'Institut de Médecine et Sciences Vétérinaires de Dakar).
MM. CHANTEGRELET, DELATOUR, DESCHANEL, JEAN-BLAIN, LAPRAS, LE NIHOUANEN.

MAITRES DE CONFERENCES

M. BOIVIN.

MAITRES-ASSISTANTS AGREGES

MM. GASTELLU, MOUTHON.

MAITRES-ASSISTANTS

Mme CHAUVE, MM. DALBIEZ, FARGES, FRANCK, GEVREY, KECK, Mlle LAVAL, MM. LEGEAY, PAYAN, PRAVE,
Mme RACHAIL, M. RICHARD.

ASSISTANTS

MM. BASSIER, BELLI, BILLIONNET, CHERMETTE, CHEVRIER, DEGUELLE, EUZEBY, FAU, GARNIER, GOSSE, GOUY,
HARS, LABE, TIANO, VILLON.

EXAMINATEURS DE LA THESE

Président : M. le Professeur BERTOYE, de la Faculté de Médecine.
Premier assesseur : M. le Professeur COTTEREAU, de l'Ecole Nationale Vétérinaire.
Deuxième assesseur : M. le Professeur BOST, de l'Ecole Nationale Vétérinaire.

L'Université Claude Bernard (Médecine-Pharmacie) de Lyon et l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon déclarent que les opinions émises dans les dissertations qui leur sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elles n'entendent leur donner ni approbation, ni improbation.

A MES PARENTS,

*indissociables dans le dévouement,
la bonté et la confiance qu'ils
m'ont toujours témoignés,*

toute mon affection.

A TOUS LES MIENS,

A TOUS MES AMIS.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR BERTOYE,

*qui nous a fait le très grand honneur
d'accepter la présidence de notre jury
de thèse,*

hommage respectueux.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR COTTEREAU,

*pour la bienveillance qu'il nous a
toujours témoignée au cours de ces
années passées à l'Ecole Vétérinaire,*

*profond témoignage
de notre reconnaissance.*

A MONSIEUR LE PROFESSEUR BOST,

*qui a bien voulu faire partie de
notre jury de thèse,*

hommage respectueux.

A MADemoisELLE LAVAL,

*pour les avis et les conseils qu'elle
nous a prodigués,*

en témoignage de notre sympathie.

AU DoCTEUR LAURENT,

AU DoCTEUR BOUTEILLE,

*dont l'aide nous a été précieuse pour
l'élaboration de ce travail,*

vifs remerciements.

*Nous remercions vivement les enseignants de l'Ecole Nationale
Vétérinaire de Lyon pour leur collaboration.*

I N T R O D U C T I O N

C'est en 1920 que Nörr (33) effectua le premier enregistrement électrocardiographique sur un bovin. Depuis lors, l'électrocardiographie s'est surtout développée dans des espèces dont la valeur des sujets, aussi bien économique qu'affective, permettait l'emploi de techniques médicales sophistiquées, à savoir cheval et chien.

Jusqu'à ces dernières années, l'électrocardiographie, qui a fait l'objet de nombreux travaux dans l'espèce bovine, est restée au stade expérimental. Actuellement, la valeur économique de certains bovins et l'apparition sur le marché d'appareils miniaturisés sont les causes du développement de cette technique en médecine rurale.

Le but de notre travail est, après un rappel sur les travaux réalisés dans ce domaine, d'établir les valeurs moyennes de l'électrocardiogramme normal de la vache laitière, et d'en démontrer l'intérêt dans certains cas pathologiques.

RAPPELS DE CARDIOLOGIE ET D'ÉLECTROCARDIOGRAPHIE FONDAMENTALES

- PROPRIÉTÉS DU MUSCLE CARDIAQUE

A - INTRODUCTION

La structure du cœur n'est pas uniforme ; elle comprend :

- une charpente fibreuse formant les valvules cardiaques,
- un tissu myocardique ou muscle cardiaque proprement dit,
- un tissu nodal.

Ce dernier nous intéresse plus particulièrement.

Dans le tissu nodal, on peut reconnaître :

- = le nœud sinusal, ou nœud de Keith et Flack, situé au niveau de l'abouchement de la veine cave supérieure,
- = le nœud d'Aschoff-Tawara, situé dans la cloison interauriculaire en avant de l'abouchement du sinus coronaire,
- = le faisceau de His, qui a un tronc commun dans la portion fibreuse du septum interventriculaire; ensuite, il se divise en deux branches qui vont suivre les parois internes des ventricules. Il est intéressant de noter qu'il y a une séparation des myocards auriculaires et ventriculaires, et que le faisceau de His constitue la seule jonction musculaire entre oreillettes et ventricules.

Le faisceau de His se divise lui-même en de nombreuses fibres, qui forment un réseau dont les ramifications terminales sont les fibres de Purkinje ; ces fibres de Purkinje sont directement réunies aux fibres myocardiques.

Enfin, il faut remarquer qu'il n'y a pas de faisceau de liaison entre le nœud sinusal et le nœud d'Aschoff-Tawara : c'est le myocarde auriculaire qui assure la conduction entre ces nœuds.

.../...

B - L'AUTOMATISME CARDIAQUE

"Le cœur possède en lui tous les éléments de son fonctionnement".

Il peut continuer à battre isolément du corps, même privé de son innervation intrinsèque : il suffit pour cela de le mettre dans des conditions adéquates (température, ions, glucose, oxygène, substances tampons ...).

1) Rôle du tissu nodal dans l'automatisme cardiaque

Supposons une cellule myocardique isolée. Au repos, il existe une différence de potentiel entre l'extérieur et l'intérieur de la membrane cellulaire : c'est le potentiel de repos, qui est fonction de la répartition des ions de part et d'autre de cette membrane cellulaire ; tout particulièrement l'ion potassium, qui est intracellulaire, et l'ion sodium, qui est extracellulaire.

Si une excitation survient au niveau de cette cellule, elle va entraîner une perméabilité de la membrane, surtout vis-à-vis du sodium avec entrée d'ions sodium dans la cellule. Les mouvements ioniques provoquent une nouvelle répartition des charges : on notera donc une nouvelle différence de potentiel, qui correspond au potentiel d'action.

Cependant, cette dépolarisation cellulaire sera suivie d'une repolarisation avec sortie d'ions potassium et récupération de l'imperméabilité membranaire vis-à-vis du sodium : on revient au potentiel de repos.

Si chaque cellule ou fibre myocardique est excitée de façon coordonnée, on obtient une contraction totale du cœur.

Mais quel est le point de départ de l'excitation ?

Déjà, en 1803, Stannius définissait le nœud sinusal comme un pace-maker qui impose son rythme à tout le tissu nodal, donc à tout le cœur.

Du nœud sinusal, l'excitation est transmise au myocarde auriculaire (avec léger décalage entre oreillettes droite et gauche, puisque le nœud sinusal est situé dans l'oreillette droite).

Cette excitation arrive au nœud d'Aschoff-Tawara, puis au faisceau de His, et enfin à toutes les fibres myocardiques ventriculaires.

Si la conduction dans le réseau de Purkinje est extrêmement rapide, elle est par contre très lente dans le faisceau de His, d'où un risque fréquent de blocage plus ou moins complet de la conduction entre les oreillettes et les ventricules ; c'est ce que l'on appelle les blocs auriculo-ventriculaires.

2) Excitabilité du muscle cardiaque

La fibre musculaire cardiaque répond à toute excitation du tissu nodal par un potentiel d'action et par une contraction.

Après toute excitation, un certain laps de temps, ou période réfractaire, est nécessaire à la fibre myocardique pour qu'elle redevienne excitable : c'est l'inexcitabilité périodique de la fibre myocardique.

Lors de certaines anomalies de l'excitabilité, on peut observer des contractions prématurées des fibres myocardiques d'une région du cœur, et ces contractions apparaissent avant la fin de la période normale de repos du cœur. On les appelle des extrasystoles. Elles peuvent naître soit dans l'oreillette - on a alors des extrasystoles auriculaires -, soit dans le ventricule - on a alors des extrasystoles ventriculaires -.

La plupart des extrasystoles sont suivies d'une période de repos compensateur, qui dure jusqu'à ce que l'excitation suivante soit redevenue efficace.

Dans d'autres cas, les excitations en provenance du nœud sinusal peuvent se succéder à un rythme plus rapide que la normale ; les fibres myocardiques auriculaires se contractent alors suivant un rythme plus rapide, mais qui reste régulier et coordonné : il y a flutter auriculaire.

Cependant, grâce au faisceau de His qui est un véritable filtre entre les oreillettes et les ventricules, ces derniers ne suivent pas ce rythme rapide et se contractent suivant un rythme propre, beaucoup plus lent.

Bien souvent, le flutter n'est que transitoire, et il y a passage à un rythme tout aussi rapide, mais totalement désordonné ; c'est l'anachronisme complet des contractions myocardiques : on appelle cet état la fibrillation auriculaire.

Le ventricule est lui aussi passible, indépendamment ou non de l'oreillette, de subir un tel rythme anachronique : c'est la fibrillation ventriculaire.

Si la fibrillation auriculaire reste bénigne par le faible rôle mécanique des oreillettes, la fibrillation ventriculaire, par contre, empêche tout travail du cœur et entraîne très vite la mort.

II - NOTIONS D'ÉLECTROCARDIOGRAPHIE

A - DEFINITIONS

L'électrocardiographie consiste en l'enregistrement de l'activité électrique globale du cœur en fonction du temps.

Cependant, cette activité électrique s'effectue dans toutes les directions et sa fragmentation à travers l'organisme reste complexe, d'où la nécessité, dès le départ, de poser des hypothèses.

B - HYPOTHESE DU DIPOLE

"Le dipôle est un système constitué de deux charges ponctuelles d'électricité, très proches l'une de l'autre et de sens opposé".

Waller (56), dès 1889, assimilait le cœur à un dipôle unique plongé dans un milieu uniformément conducteur ; il ramenait en quelque sorte le cœur à une fibre musculaire unique dont le comportement électrique, considéré comme identique à celui du dipôle, est observé de suffisamment loin.

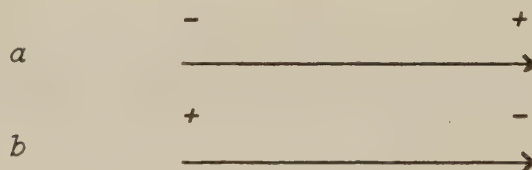


Figure 1 - Vecteur du dipôle - a : onde de dépolarisation
----- b : onde de repolarisation

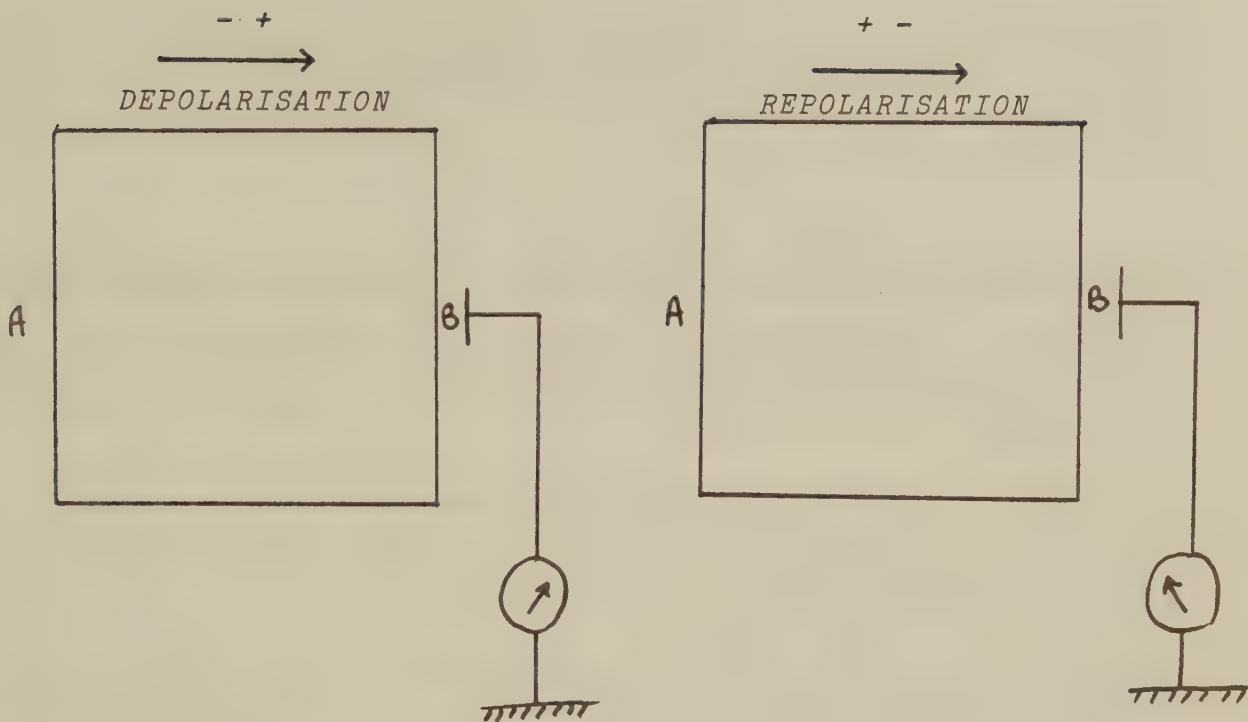
Le vecteur du dipôle est représenté dans ce cas par l'axe électrique du cœur.

Si on place une électrode d'enregistrement dans le champ électrique du dipôle et que l'on relie cette électrode à un galvanomètre, ce dernier va marquer un certain potentiel, dont le sens est fonction de la situation de l'électrode par rapport au dipôle.

Si l'électrode est placée du côté positif du champ électrique - cas d'une onde de dépolarisation se rapprochant d'elle-, le potentiel enregistré sera positif.

Si, par contre, l'électrode est placée du côté négatif - soit une onde de dépolarisation s'éloignant-, le potentiel enregistré sera négatif.

C'est théoriquement l'inverse pour l'onde de retrait d'activation, ou onde de régularisation.



Le dipôle décrit la fibre de A vers B, l'électrode exploratrice voit un champ positif se déplacer vers elle.

Au cours de la repolarisation, le dipôle est inversé et le galvanomètre enregistre une variation négative.

Donc une électrode d'enregistrement placée suffisamment loin du cœur, à la surface du corps par exemple, va recueillir à chaque instant un certain potentiel dont la valeur est donnée par la formule simple :

$$V = \Phi \frac{\cos \theta}{r^2}$$

- Φ : moment électrique du dipôle
- θ : angle formé par la ligne interpolaire et la ligne joignant l'électrode au centre électrique du dipôle
- r : distance séparant l'électrode du centre électrique du dipôle.

Dans ces conditions, si on admet que le corps est un milieu conducteur homogène, l'apparition du dipôle d'activation va entraîner l'apparition brusque d'un champ électrique sans cesse variable défini par trois paramètres, les deux premiers étant perpétuellement changeants :

- le moment électrique du dipôle,
- l'orientation du dipôle,
- la configuration du champ électrique corporel. .../...

Il est possible de placer deux électrodes à la surface du corps, de part et d'autre du cœur ; la somme algébrique des potentiels d'action enregistrés par chacune des électrodes nous fournira la différence de potentiel final : c'est un enregistrement dit bipolaire.

C - LE TRIANGLE EQUILATERAL D'EINTHOVEN ET LES DERIVATIONS BIPOLAIRES

Au début du siècle, Einthoven (13), dans ses travaux, eut l'idée de partir de la loi de Kirchhoff pour établir un enregistrement des différences de potentiel entre certains points du champ électrique.

La loi de Kirchhoff énonce que "la somme des différences de potentiel qui règnent entre plusieurs points d'un circuit électrique fermé est nulle, à condition que ces différences de potentiel soient comptées dans le même sens".

Dans ce but, Einthoven a choisi une construction géométrique simple : le triangle équilatéral, dont les trois sommets équidistants le sont aussi du centre géométrique du triangle (où se situe approximativement le cœur), et ces trois sommets correspondent chez l'homme à l'épaule droite, l'épaule gauche et le pubis ; les membres jouant le rôle de conducteurs, Einthoven disposa ses électrodes sur le bras droit, le bras gauche et la jambe gauche.

Avec ces trois électrodes connectées deux à deux, on obtient trois dérivations bipolaires :

D I = bras droit - bras gauche

D II = bras droit - jambe gauche

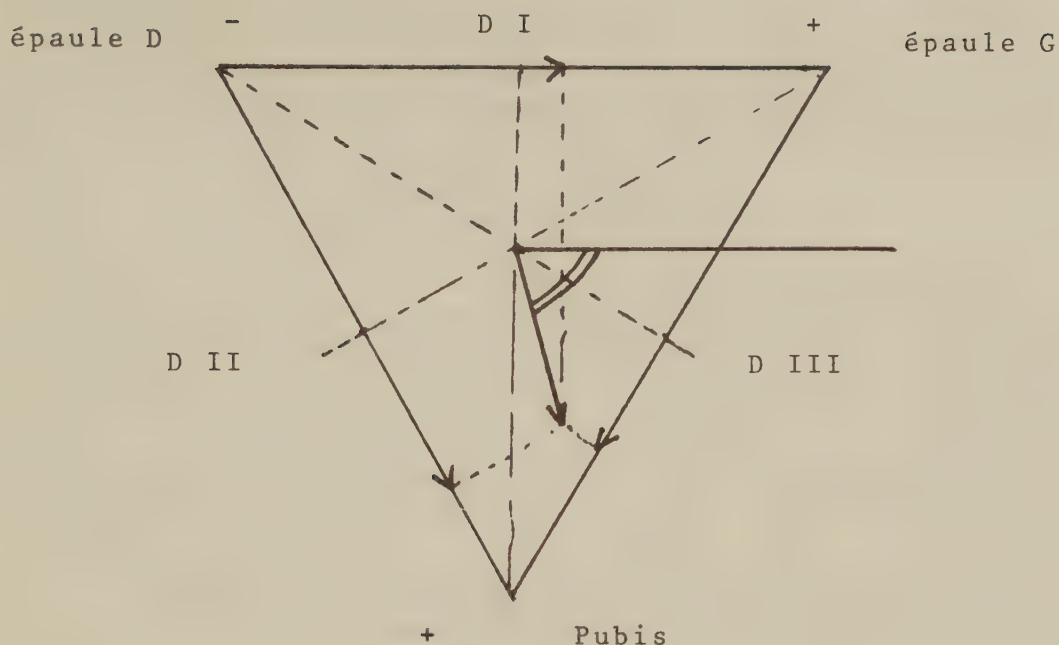
D III = bras gauche - jambe gauche

Pour chacune de ces dérivations, on note la valeur du vecteur potentiel, que l'on inscrit en respectant son signe sur le côté du triangle qui lui correspond.

Ainsi, à chaque instant, le vecteur potentiel obtenu sur l'une des dérivations correspond à la projection du vecteur d'activité cardiaque sur cette dérivation.

L'angle du vecteur d'activité cardiaque avec l'horizontale est appelé axe électrique du cœur.

../..



D'après la loi de Kirchhoff : $D_1 + D_2 + D_3 = 0$

soit en représentant l'orientation :

$$D_1 + D_2 = D_3$$

D - LES DERIVATIONS UNIPOLAIRES ET LA BORNE CENTRALE DE WILSON (57)

Les dérivations d'Einthoven fournissent la différence de potentiel existant entre deux points tels que l'épaule gauche et l'épaule droite par exemple ; aussi, le mérite de Wilson a été de proposer une méthode pour connaître les variations de potentiel de chaque membre séparément.

C'est en 1932 que Wilson, Johnston, MacLeod et Barker décrivent pour la première fois cette technique de la borne centrale.

Une seule électrode est exploratrice ; une autre électrode, dite indifférente, est connectée en un point de potentiel constamment nul.

Cependant, un tel point n'existe en théorie qu'à l'inaccessible centre électrique du cœur.

Wilson eut alors l'idée, en s'appuyant sur la loi de Kirchhoff, de réunir à une borne commune - dite borne centrale - et par l'intermédiaire de résistances électriques de 5 000 Ω , les trois électrodes périphériques d'Einthoven ; ainsi, il obtint un point privilégié dont les variations de potentiel peuvent être à chaque instant considérées comme négligeables.

.../...

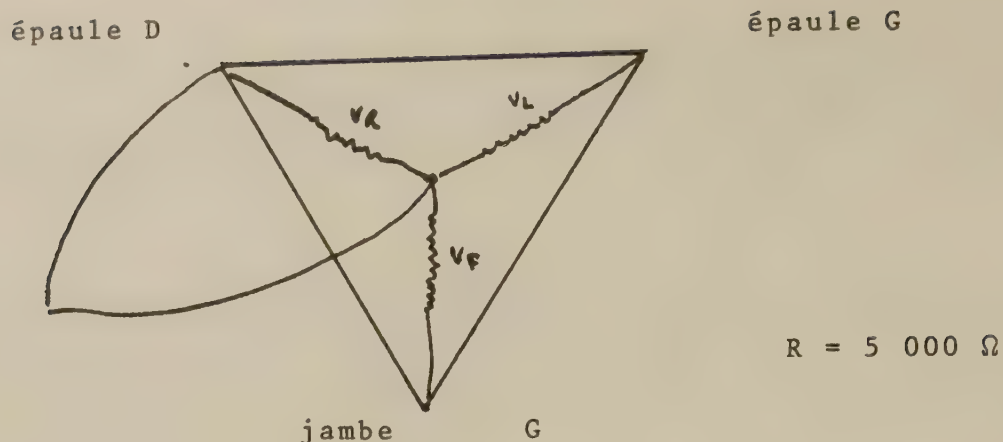


Figure 3 - Borne centrale de Wilson - Montage

Les dérivations électriques enregistrées par le montage de la borne centrale de Wilson sont indiquées en électrocardiographie par le symbole V.

Ces lignes de dérivations ne sont finalement que les bissectrices du triangle équilatéral. Malheureusement, ne comportant qu'une seule électrode active et étant dérivées à travers des résistances électriques additionnelles de $5\,000\,\Omega$, elles enregistrent un plus faible potentiel.

Aussi, Goldberger (20) a proposé une technique plus intéressante d'enregistrement : il ne connecte pas le membre exploré à la borne centrale et il supprime les résistances électriques de $5\,000\,\Omega$.

Dans ce cas, on désigne les dérivations unipolaires obtenues par l'adjonction de la lettre a (augmenté) au symbole V de la borne centrale de Wilson, ce qui donne :

- aV_R pour le bras droit,
- aV_L pour le bras gauche,
- aV_F pour la jambe gauche.

Les dérivations de Goldberger ont l'avantage d'enregistrer un potentiel de valeur presque comparable à celui enregistré dans les dérivations bipolaires.

E - MORPHOLOGIE ET SIGNIFICATION DE L'ELECTROCARDIOGRAPHIE

Einthoven et Goldberger nous fournissent deux techniques différentes d'enregistrement pour l'électrocardiographie. Elles présentent cependant le grand intérêt de n'avoir en principe que trois électrodes à placer sur la surface du corps :

- une à la base du bras droit,
- une à la base du bras gauche,
- une à la base de la jambe gauche.

Ces trois électrodes sont reliées à un galvanomètre qui va enregistrer à chaque moment une différence de potentiel, qui reflètera à cet instant l'activité électrique du cœur.

Cette différence de potentiel est inscrite sur un papier se déroulant à vitesse constante. Le tracé obtenu est constitué d'un ensemble d'oscillations ou ondes, qui ont été désignées par Einthoven d'après l'ordre d'apparition : ondes P, Q, R, S, T.

- L'onde P correspond à l'envahissement des oreillettes par l'onde de dépolarisation. L'onde de repolarisation auriculaire, de très faible amplitude, est masquée par l'onde de dépolarisation ventriculaire et n'est pas visible sur l'électrocardiogramme normal.

L'absence d'onde P signifie un rythme nodal, c'est-à-dire que le nœud sinusal ne remplit plus sa fonction de coordinateur du rythme cardiaque, et c'est du nœud d'Aschoff-Tawara ou du faisceau de His que part l'onde d'excitation. Celle-ci atteint alors presque simultanément les oreillettes et les ventricules : l'onde P est cachée par le complexe QRS.

D'autres troubles, tels que la fibrillation et le flutter auriculaire modifient nettement la conformation de l'onde P ; nous en reparlerons ultérieurement.

- Le segment PR correspond au temps de conduction de l'influx entre les oreillettes et les ventricules le long du faisceau de His. Tout défaut dans cette conduction modifie la longueur du segment PR ; ainsi, un bloc auriculo-ventriculaire allongera le segment PR.
- Le complexe QRS correspond à l'envahissement rapide des ventricules par l'onde de dépolarisation. C'est le plus ample de tous les accidents de l'électrocardiogramme.

De nombreux troubles provoquent des anomalies du complexe QRS ; parmi eux, nous retiendrons tout spécialement les blocs de branche qui augmentent la durée de QRS et les phénomènes d'extrasystoles ventriculaires qui font

.../...

apparaître sur l'électrocardiogramme des complexes QRS prématurés, souvent très différents et non précédés d'une onde P.

- Le segment ST, isoélectrique, correspond à la période d'équilibre entre la dépolarisation et la repolarisation. Tout décalage du segment ST par rapport à la ligne isoélectrique signifie que le cœur ne se dépolarise plus de façon uniforme, souvent par souffrance du myocarde.

- L'onde T correspond à la repolarisation assez lente des ventricules.

Chez l'homme, l'onde T est dans le même sens que le complexe QRS. Les troubles de la repolarisation ventriculaire entraînent naturellement des anomalies de l'onde T. Il s'agit principalement de désordres ioniques tels que hypocalcémie, hyperkaliémie, qui perturbent les mouvements ioniques mis en œuvre par la fibre myocardique pour la récupération de son équilibre ionique au cours de la repolarisation cellulaire. Ce qui se traduira sur l'électrocardiogramme par des différences d'amplitude de l'onde T.



Figure 4 - représentation schématique d'un ECG normal

F - RAPPELS SUR LES PRINCIPAUX TROUBLES DU RYTHME ET DE LA CONDUCTION CARDIAQUE

1. Les troubles du rythme sinusal

Le rythme sinusal est celui où l'ensemble de la contraction cardiaque est sous la commande du nœud sinusal de Keith et Flack. On le reconnaît sur l'ECG au fait que chaque complexe QRS est précédé d'une onde P.

Le rythme sinusal est le rythme normal du cœur si sa fréquence reste dans les normes physiologiques ; cependant, sous l'influence de l'innervation intrinsèque du cœur, ce rythme peut être ralenti ou accéléré.

- Tachycardie sinusale

Elle est physiologique lors d'effort, d'émotion, d'énervement ou d'anxiété.

Par contre, elle est pathologique si elle est l'indice d'une atteinte myocardique sévère ou d'une maladie extracardiaque : ainsi la fièvre, les anémies graves ou les atteintes du système nerveux central entraînent une tachycardie sinusale.

- Bradycardie sinusale

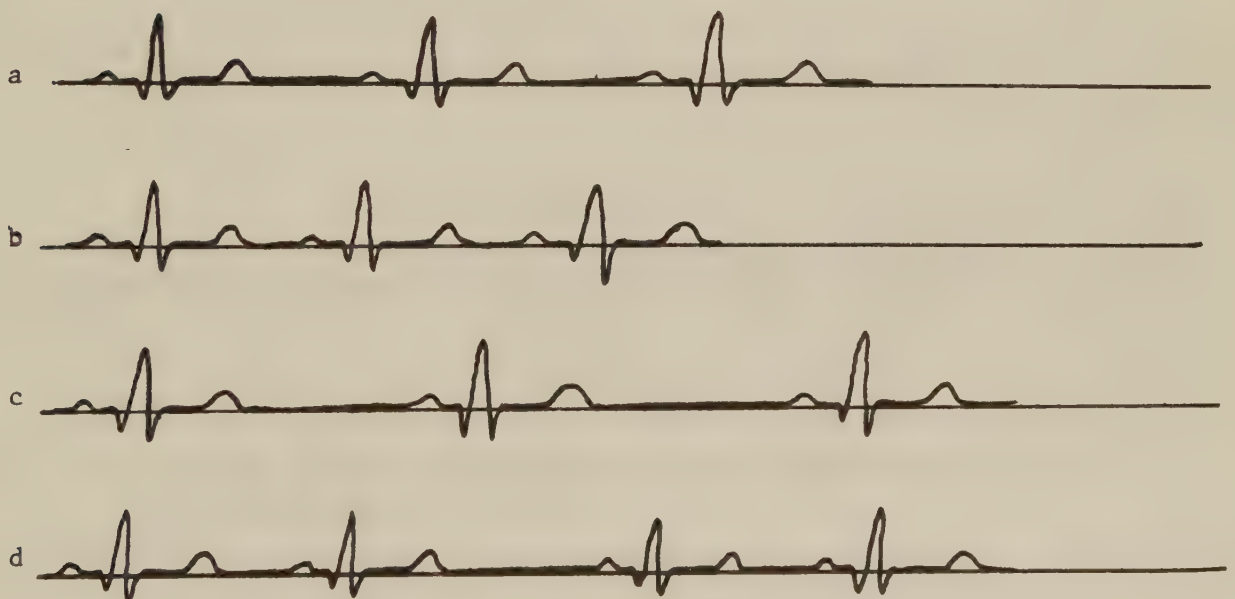
Pratiquement jamais liée à une cardiopathie, elle s'observe surtout lors d'affection méningée, d'ictère, d'hypothyroïdie, chez les sujets vagotoniques et chez les sujets sportifs pour lesquels le cœur a subi une augmentation de volume sans aucune cardiopathie.

- Arythmies sinusales

Ce sont des rythmes sinusaux non réguliers.

Très souvent, on les confond avec un phénomène physiologique qui est l'arythmie respiratoire : cette arythmie a une périodicité liée au cycle respiratoire.

En effet, la fréquence cardiaque s'accélère au moment de l'inspiration et se ralentit au moment de l'expiration.



a = rythme sinusal normal

b = tachycardie sinusale

c = bradycardie sinusale

d = arythmie respiratoire

2. Les rythmes ectopiques

Par définition, on appelle rythme ectopique un rythme pour lequel le stimulus qui provoque la contraction cardiaque prend naissance en tout autre point que le nœud de Keith et Flack.

- Le rythme nodal

Dans le rythme nodal, il y a stimulation du cœur à partir du nœud d'Aschoff-Tawara, le nœud sinusal devenant incapable de remplir ce rôle.

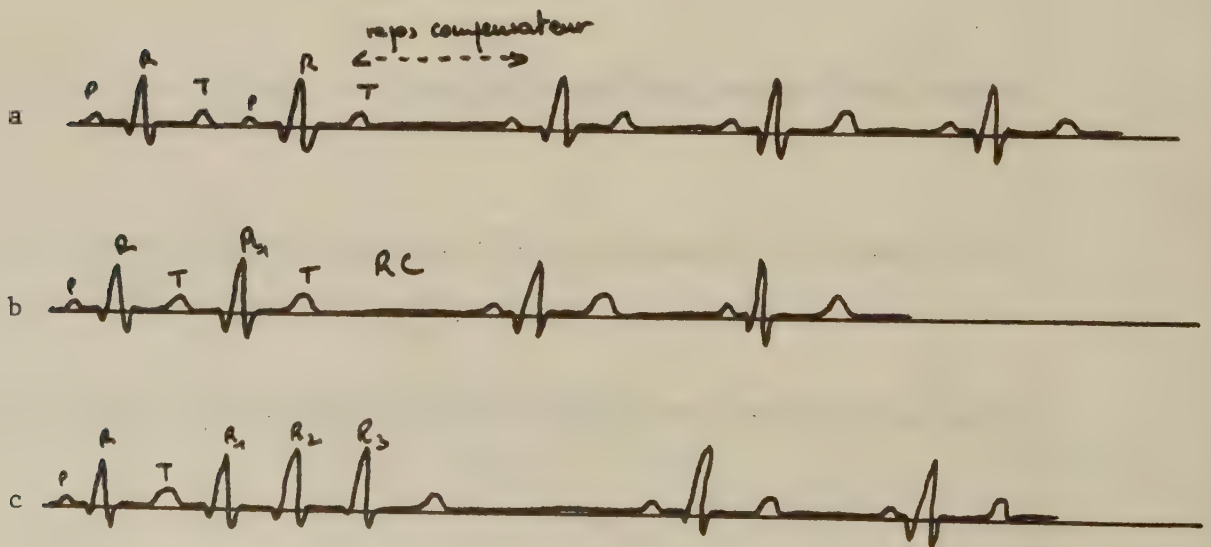
L'onde P est alors modifiée, car l'excitation atteint les oreillettes soit en même temps que les ventricules (P est confondue avec QRS), soit après les ventricules (P est après QRS).

Quelquefois, il peut y avoir dissociation entre les rythmes auriculaires et ventriculaires : les oreillettes sont excitées par le nœud sinusal et les ventricules par le nœud d'Aschoff-Tawara ; d'où deux rythmes différents pour l'onde P et le complexe QRST.

- Les extrasystoles

Une extrasystole est une contraction cardiaque (partielle ou totale) prématurée, déclenchée par un foyer ectopique dont le siège peut se trouver en un point quelconque du myocarde.

Ainsi, les extrasystoles peuvent intéresser soit l'oreillette seule, soit le ventricule seul, soit enfin la jonction auriculo-ventriculaire.



a = extrasystole auriculaire

b = extrasystole ventriculaire

c = salve d'extrasystoles ventriculaires

Figure 6 - représentation schématique d'extrasystoles

Influence de l'extrasystole sur le rythme de base :

L'influence est diverse ; en effet, une extrasystole peut être interpolée ou décalante.

Une extrasystole interpolée vient se glisser entre deux contractions sinusales successives sans troubler le rythme de base, et il s'agit presque toujours d'une extrasystole ventriculaire. Le phénomène n'est possible que si l'extrasystole est suffisamment prématurée et le rythme sinusal relativement lent.

Une extrasystole est dite décalante lorsqu'elle est suivie d'un intervalle égal à celui existant entre deux contractions du rythme de base. C'est un phénomène rare.

Enfin, l'extrasystole peut être suivie d'un repos compensateur si l'intervalle qui la suit est plus long que celui existant entre deux contractions du rythme de base.

La signification d'une extrasystole est très variable ; elle peut aller du trouble bénin dans la conduction chez un sujet nerveux ou anxieux jusqu'à une cardiopathie grave par atteinte valvulaire, distension myocardique ...

- Fibrillation et flutter auriculaire

Ce sont deux troubles rythmiques apparentés par leur aspect étiologique, et surtout par la fréquence avec laquelle on observe le passage de l'un à l'autre.

= fibrillation auriculaire

Etat anarchique d'excitation du myocarde des oreillettes, l'activité coordonnée à point de départ sinusal étant remplacée par des impulsions extrêmement rapides et irrégulières déterminant des contractions vermiculaires, dispersées et inefficaces des parois auriculaires.

Sur le tracé électrocardiographique, l'onde P est remplacée par des ondulations permanentes de la ligne isoélectrique, d'amplitude et de durée irrégulières. Toutes les cardiopathies peuvent s'accompagner d'une fibrillation auriculaire.

Il arrive, lors de fibrillation auriculaire, que le ventricule reçoive des impulsions irrégulières et souvent rapides, d'où une tachyarythmie complète.

= flutter auriculaire

C'est une tachycardie auriculaire très rapide et régulière. On la rencontre dans les mêmes conditions étiologiques que la fibrillation auriculaire, souvent même le flutter auriculaire est une altération précédant la fibrillation.

Lorsqu'une onde sur deux franchit la jonction auriculo-ventriculaire, le flutter est dit 2/1. On peut donc, suivant le rythme ventriculaire, avoir des flutters de 1/1 à 4/1.

Sur l'électrocardiogramme, les ondes P sont remplacées par des ondulations très régulières et toutes identiques. Les complexes QRS sont régulièrement espacés, survenant toutes les deux ondes auriculaires dans le flutter 2/1, toutes les quatre ondes dans le flutter 4/1.

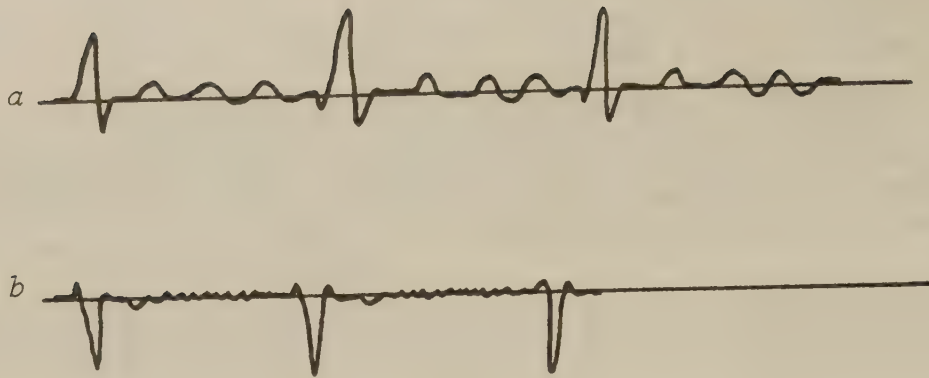


Figure 7 - Représentation schématique
en a, d'un flutter auriculaire 4/1,
----- en b, d'une fibrillation auriculaire

- Fibrillation ventriculaire

Les ventricules en fibrillation sont animés de contractions parcellaires, fasciculaires, très rapides et totalement in-coordonnées qui, sur le plan hémodynamique, réalisent un arrêt circulatoire total.

La fibrillation ventriculaire signe la phase finale d'une cardiopathie plus ou moins ancienne ou d'une atteinte cardiaque subite avec mort presque instantanée.

L'électrocardiogramme montre une totale anarchie du tracé, avec des ondes ventriculaires très rapprochées, d'amplitude et de durée totalement irrégulières.

3. Les troubles de la conduction intracardiaque : blocs

On entend par blocs des troubles dans la conduction de l'onde d'excitation dus à un allongement anormal et pathologique de la phase réfractaire d'un secteur myocardique.

Lors d'un bloc complet, toute conduction devient impossible en permanence ; lors de bloc incomplet ou partiel, la conduction reste possible seulement de façon intermittente, ou en permanence mais avec une lenteur plus grande que normalement.

- Blocs de branche

Ils existent lors d'anomalies de la conduction au niveau des branches du faisceau de His. Ce sont des anomalies uniquement de la conduction intraventriculaire ; aussi, au niveau de l'électrocardiogramme, il y aura un allongement de durée du complexe QRS.

- Blocs auriculo-ventriculaires

Ce sont des anomalies dans la conduction auriculo-ventriculaire.

= bloc auriculo-ventriculaire du premier degré

C'est un simple ralentissement dans la conduction auriculo-ventriculaire. Toutes les ondes P sont suivies d'un complexe QRS, mais avec un intervalle PQ anormalement long.

= blocs auriculo-ventriculaires du second degré

Il y a interruption momentanée de la conduction auriculo-ventriculaire. Sur l'électrocardiogramme, certaines ondes P ne sont alors plus suivies de complexe QRS, généralement à intervalles réguliers.

= bloc auriculo-ventriculaire du troisième degré, ou bloc auriculo-ventriculaire complet

Il est réalisé lorsque la conduction auriculo-ventriculaire est en permanence impossible. Il y a alors dissociation auriculo-ventriculaire complète.

Les oreillettes continuent d'être activées par le nœud sinusal, tandis que les contractions ventriculaires sont sous la dépendance d'un centre d'activation autonome.

Sur l'électrocardiogramme, on observe l'indépendance complète des ondes P régulièrement espacées et des complexes QRS qui ont une fréquence en général beaucoup plus lente.

- Blocs sino-auriculaires

Les blocs sino-auriculaires définissent des troubles de la conduction qui ralentissent ou interrompent la propagation du stimulus entre le nœud sinusal et le myocarde auriculaire adjacent.

= bloc sino-auriculaire complet

Il se traduit sur l'ECG par un rythme nodal de remplacement.

La morphologie des complexes QRS est inchangée ; mais, par contre, l'activité auriculaire (ondes P) est en règle générale absente, comme dans tout rythme nodal.

= bloc sino-auriculaire du second degré

Il se traduit sur l'électrocardiogramme par l'existence de pauses au cours desquelles ne survient aucun accident auriculaire ni ventriculaire. Leur caractère essentiel est d'avoir une durée égale à un multiple de l'espace P - P du rythme sinusal de base.

.../...

E T A T A C T U E L

DES CONNAISSANCES ÉLECTROCARDIOGRAPHIQUES CHEZ LES BOVINS

=====

En 1920, Nörr (33) fut le premier à faire un enregistrement électrocardiographique. Il utilisait à l'époque deux types de dérivations : région préscapulaire gauche-région cardiaque apicale et membre antérieur droit - membre postérieur gauche.

Ces premiers travaux furent suivis par ceux de Lautenschlager (26), qui apposa ses électrodes dans le 5ème et 6ème espace intercostal gauche pour le potentiel de pointe, et sous la ligne médiane de l'angle cervical de la scapula pour le potentiel de base.

Les résultats électrocardiographiques obtenus par ces deux premiers auteurs furent complétés plus tard par toute une série de travaux effectués sur les différents aspects de la question. On pourra les classer comme suit :

1. Choix des dérivations à employer chez les bovins
2. Données électrocardiographiques obtenues sur des bovins normaux
3. Diagnostic de gestation multifoétale par électrocardiographie sur la vache
4. Etudes électrocardiographiques effectuées sur des vaches atteintes de certains syndromes

1. TRAVAUX EFFECTUES SUR LE CHOIX DES DERIVATIONS A EMPLOYER CHEZ LES BOVINS

a) Notions de base

Les dérivations standard employées actuellement chez l'homme sont celles proposées par Einthoven (13). Dans le système de dérivations bipolaires des membres, le cœur se trouve ainsi au centre d'un triangle équilatéral : cette position est optimale pour sonder les variations de l'activité électrique cardiaque.

Malheureusement, les dispositions anatomiques des quadrupèdes sont très différentes de celles de l'homme : en particulier, le thorax n'est pas aplati dorsoventralement mais latérolatéralement ; la ligne rejoignant la racine des membres antérieurs est placée beaucoup plus postérieurement que chez l'homme et traverse en fait le cœur ; enfin, l'axe anatomique du cœur est dans le plan longitudinal du corps et dirigé vers le bas et en arrière. De ce fait, plusieurs recherches ont visé à mettre au point un système

de dérivations appropriées aux ongulés domestiques, et plus particulièrement aux bovins. Je tenterai, dans le second paragraphe, de récapituler par ordre chronologique les études effectuées sur ce sujet depuis une cinquantaine d'années.

b) Systèmes de dérivations employés depuis 1920

Après les travaux de Nörr (33), qui fut le précurseur de l'électrocardiographie bovine, vinrent ceux de Lautenschlager (26) en 1928. Il expérimenta des dérivations bipolaires précordiales qui avaient l'avantage de donner de bons voltages avec un minimum d'interférences des muscles somatiques.

Alfredson et Sykes (1), en 1942, employèrent sur 97 vaches laitières les dérivations bipolaires d'Enthoven en invoquant la facilité de placement des électrodes sur la racine des membres. Ils recueillirent des informations plus étendues qu'avec les techniques des dérivations uniques employée par Nörr, et furent ainsi les premiers à obtenir des résultats nombreux et bien interprétables.

En 1943, Spörri (45) utilisera les dérivations suivantes :

côté droit du cou - tubérosité du sacrum

cou - pointe du cœur

pointe du cœur - tubérosité du sacrum.

En 1954, Brooijmanns (4) écarte le système de dérivations précordiales bipolaires utilisées par Lautenschlager pour préférer les dérivations bipolaires d'extrémités D_1 , D_2 , D_3 et unipolaires av_R , av_L , av_F . De plus, il met au point un système de dérivations précordiales unipolaires : l'électrode exploratrice sera appliquée en différents points d'un plan vertical passant juste derrière l'épaule et d'un plan horizontal passant par l'articulation scapulo-humérale.

Il abandonnera les électro-aiguilles préconisées par Nörr, Lautenschlager et Spörri pour utiliser, comme Alfredson et Sykes, des électro-plaques mises en contact avec la peau préalablement tondu et enduite de pâte conductrice.

Dans un essai intéressant sur l'électrocardiographie bovine, Fuzier (16), en 1956, adopte des emplacements variés pour les dérivations bipolaires et unipolaires. Il retiendra en définitive les dérivations unipolaires dans lesquelles l'électrode exploratrice se situe au niveau du bord antérieur de l'épaule gauche ou droite. Après avoir testé les électrodes-aiguilles implantées dans la peau, il préférera des électrodes-plaques de construction artisanale.

Deux ans plus tard, Sellers et Hemingway (43), remarquant que les résultats étaient variables d'animal à animal dans les dérivations bipolaires des membres, tentèrent de mettre au point une méthode donnant des résultats plus constants et mieux interprétables.

Ils firent des enregistrements unipolaires intracardiaques, intra-œsophagiens, intraruminaux, et des enregistrements unipolaires pectoraux en implantant des électrodes-aiguilles aux intersections de plans horizontaux et verticaux préalablement tracés à la craie sur le thorax. Certaines unipolaires pectorales et l'unipolaire intraœsophagique leur donnèrent de très bonnes amplitudes. D'autre part, les variations d'animal à animal semblent minimales avec une dérivation bipolaire allant de l'olécrâne gauche à un point juste sous le garrot à droite.

La même année, Lank et Kingrey (25) firent une série de tracés sur 45 vaches laitières saines, par la méthode des dérivations bipolaires des membres.

Après les travaux japonais d'Uesaka (50) en 1943 et de Sugano (46) en 1956, qui utilisèrent des dérivations bipolaires cou - paroi costale - région apicale, Too et Nakamura (49), en 1958, comparèrent plusieurs systèmes de dérivations sur 40 bovins normaux : d'après eux, les bipolaires dans un plan perpendiculaire à l'axe de l'animal (olécrâne gauche - garrot - olécrâne droit) et dans un plan parallèle à l'axe de l'animal (entrée de la poitrine - garrot - région apicale) donnent les meilleures amplitudes et le minimum de variabilité.

Ils mirent ainsi au point des dérivations semi-unipolaires, où l'électrode indifférente est placée près de l'anus et l'électrode exploratrice en différents points des parois thoraciques gauche et droite. Cette technique leur permit d'étudier avec précision l'activité électrique cardiaque.

Les travaux français de cette époque furent dominés - mis à part ceux de Barruel (2) qui utilisait les dérivations standard d'Einthoven - par ceux de Dubois (12) en 1961. Considérant les particularités anatomiques des bovins, les faibles amplitudes et la variabilité des valeurs obtenues par les auteurs précédents avec les dérivations bipolaires des membres, il essaya de trouver un triangle d'exploration correct. Dans un premier temps, il utilisa les dérivations des membres et constata facilement que les résultats varient beaucoup d'un sujet à l'autre, que le voltage est toujours faible (moins de 0,5 mV), que les tracés ont souvent des formes atypiques et que D₂ et D₃ ne sont pas du tout symétriques. Tout ceci est dû au fait que le côté antérieur du triangle de dérivations traverse le cœur, alors qu'il devrait être devant le viscère.

Dubois essaya donc de reconstituer un triangle-explorateur d'Einthoven, au centre duquel se trouve le cœur : ainsi, il plaça ses électrodes sur la peau au milieu du bord antérieur de l'épaule, à droite et à gauche, et au niveau de la zone rétro-xyphoïdienne (ou plus loin vers l'arrière). Il obtiendra alors des résultats constants avec des amplitudes larges et symétriques en D₂ et D₃, et quasi-nulles en D₁ : les essais sont donc très concluants.

.../...

Dans les années 1966-1967, les Allemands s'intéressèrent beaucoup à l'électrocardiographie bovine. En 1966, Jünge (22), comme Too et Nakamura, utilisa un système de dérivations sagittales en appliquant les électrodes à la pointe du sternum, en région rétro-xyphoïdienne et au garrot. Pour déterminer les déplacements du vecteur cardiaque, il utilisa des dérivations unipolaires pré-cordiales en appliquant les électrodes en divers points de la paroi thoracique.

Sander (41) lui, en 1967, adopta les dérivations de Spörri en orientant les côtés du triangle comme Einthoven et essaya, en se basant sur une série de tracés normaux, de dépister les anomalies électrocardiographiques de bovins atteints de leucose.

Maiwald et Bornert (29), quant à eux, mirent au point une électrode adhésive adaptée à la transmission téléométrique de l'électrocardiogramme sur les animaux en liberté. On peut noter ici que la radio-télémetrie électrocardiographique fut aussi étudiée par Dracy et John (11) qui, en 1964, à l'aide d'émetteurs-récepteurs, purent connaître à distance les variations précises de rythme cardiaque sur les ruminants.

En 1971, au cours d'un essai intéressant, Dotta et Balbo (10) comparèrent sur une série de veaux sains la méthode traditionnelle des dérivations des membres et celle proposée par Dubois dix ans auparavant : la méthode traditionnelle leur paraît plus sensible dans les variations de forme de QRS selon l'âge du sujet ; de plus, ayant étendu leurs recherches sur 6 veaux atteints de cardiopathie, ils retiennent des dérivations de l'axe électrique cardiaque et des altérations de l'onde T avec la méthode traditionnelle, tandis que les dérivations de Dubois n'enregistrent aucun changement. Ces dérivations semblent donc peu sensibles aux anomalies de propagation de l'onde d'excitation myocardique.

De même, en 1969, Gerghariu, Danielescu et Moldovan (19) se basèrent sur les conclusions de Dotta et Balbo (premiers travaux en 1966) ; ils utilisèrent les dérivations standard des membres et évitèrent l'implantation sous-cutanée des électrodes pratiquée en particulier par Thielscher et Flock (47) l'année précédente.

Enfin, Schultz et Prétorius (42), en 1972, modifièrent le triangle d'Einthoven en le plaçant dans le plan sagittal comme l'avaient fait Too et Nakamura (49) et Jünge (22). Mais ils implantèrent des électrodes sous-cutanées au niveau du sacrum, du sternum et de la tête entre les deux oreilles.

c) Conclusion

Cette vue d'ensemble des travaux effectués jusqu'à présent sur le problème des dérivations en électrocardiographie bovine laisse apparaître une grande confusion dans les résultats obtenus ; il semble que la méthode proposée par Dubois est fondamentalement mieux adaptée à l'électrocardiographie des ongulés domestiques ; néanmoins, les dérivations d'Einthoven sont encore très employées, pour de multiples raisons : entre autres, elles paraissent plus sensibles aux anomalies de propagation de l'onde d'excitation myocardique.

Pour le choix des électrodes, il semble que les aiguilles à implantations sous-cutanées donnent de bons contacts, mais provoquent des réactions de l'animal gênantes pour l'obtention de bons tracés électrocardiographiques.

Ces inconvénients n'existent pas avec les électrodes appliquées sur la peau, sous réserve d'améliorer les contacts à l'aide d'une solution conductrice.

2. DONNEES ELECTROCARDIOGRAPHIQUES OBTENUES SUR DES BOVINS NORMAUX

La plupart des auteurs ont réalisé des séries de tracés électrocardiographiques sur des bovins apparemment sains.

Leur interprétation de ces tracés a permis de publier les différentes valeurs obtenues quant au rythme cardiaque, à la durée et à la forme des ondes et des intervalles, à l'amplitude des différents accidents et à la direction de l'axe électrique du cœur.

Malheureusement, les études sont assez hétérogènes suivant les auteurs, et les publications ne regroupent pas toujours toutes les valeurs mesurables sur les tracés électrocardiographiques effectués. Nörr (33), Lautenschlager (26) et Füzler (16), par exemple, ne mesurent ni les rythmes cardiaques, ni les amplitudes des ondes. Néanmoins, , comme l'avaient déjà fait partiellement Thielscher et Flock (47) en 1966, et Lightowler et Sahlberg (28) en 1970, nous tenterons ici de regrouper les principaux résultats.

.../...

a) Rythmes cardiaques et durée des ondes P, QRS et T

	Rythme/mn	P sec	QRS sec	T sec
rr (33)		0,10		
utenschlager(26)		0,10 - 0,12	0,08 - 0,10	0,08 - 0,12
fredson et kes (1)	82 avant 72 18 mois 68 après 18 mois		0,09 (0,06 - 0,12)	
atner - Kibler ody (35)	61	0,08	0,09	
zier (16)		0,08	0,09 - 0,10	0,09
rruel (2)		0,03 - 0,06		0,04 - 0,06
llers mingway (43)	Résultats très variables en fonction des dérivations unipolaires employées.			
o-Nakamura (49) dérivations semi-unipol.)		0,14	0,12	0,13
nge (22)	96 (64 - 130)	0,08 (0,02 - 0,10)	0,08	0,11 (0,09 - 0,12)
nder (41)		0,10	0,10 (0,08 - 0,11)	0,10 - 0,12
ielscher- lock (47)		0,066	0,06	0,03
erghariu (19) eaux < 3 mois	116 (75 - 170)	0,037-0,054	0,036-0,047	0,05 - 0,08
erghariu mois < 1 an	74,5 (50 - 107)	0,05 - 0,08	0,034-0,051	0,05 - 0,01
hultz - retorius (42)	88 (62 - 138)		0,074	
emecëk (31)	60 (40 - 83)	0,082 (0,08 - 0,10)	0,09 (0,08 - 0,10)	0,10 (0,08 - 0,12)

.../...

- Pour l'onde P, les valeurs vont donc :

de 0,03 à 0,14 sec

les valeurs les plus fréquemment rencontrées allant de 0,08 à 0,10 sec

- Pour le complexe QRS, les valeurs vont :

de 0,039 à 0,12 sec

les valeurs les plus fréquemment rencontrées allant de 0,06 à 0,08 sec

- Pour l'onde T, les valeurs vont :

de 0,03 à 0,13 sec

avec une valeur moyenne de 0,08 à 0,10 sec

On remarquera sur tous les trois que la dépolarisation auriculaire est plus longue que la dépolarisation ventriculaire ($P > QRS$).

../..

b) Durée des intervalles PR, ST et QT

	P R sec	S T sec	Q T sec
Nörr	0,10		0,55
Lautenschlager	0,10 - 0,12	0,20 - 0,30	
Alfredson-Sykes	0,19 (0,10 - 0,30)		0,39 (0,29 - 0,47)
Platner - Kibler Brody	0,19	0,19	0,41
Fuzier	0,23 - 0,29	0,23 - 0,29	0,35 - 0,55
Barruel	0,14 - 0,20		
Sellers Hemingway	Résultats très variables en fonction des dérivations unipolaires employées		
Too-Nakamura (dériv. semi- unipolaires)	0,29	0,31	0,44
Jünge	0,18	0,10 (0,08 - 0,17)	0,35
Sander	0,20 (0,16 - 0,22)		
Thielscher- Flock	0,14	0,14	0,28
Gerghariu veaux < 3 mois	0,97 - 0,118	0,195 - 0,228	0,241 - 0,269
Gerghariu 6 mois < < 1 an	0,104 - 0,146	0,240 - 0,307	0,282 - 0,349
Schultz- Pretorius	0,166		0,39
Nemecäk	0,197 (0,16 - 0,22)		0,43 (0,34 - 0,54)

- L'intervalle PR varie donc de 0,10 à 0,29 sec
les valeurs les plus fréquentes
tournant autour de 0,18 - 0,20 sec

- L'intervalle ST varie de 0,10 à 0,31 sec
les valeurs les plus fréquentes
tournant autour de 0,20 sec

- L'intervalle QT varie de 0,24 à 0,55 sec
les valeurs les plus fréquentes
tournant autour de 0,30 - 0,40 sec

D'après Alfredson et Sykes (1), les durées de PR, QT et, moins significativement, de QRS, sont inversement proportionnelles au rythme cardiaque.

Cette notion a été confirmée par Spörri, Balbo et Dotta, Thielscher et Flock, et Gerghariu, Danieleescu, Moldovan.

../..

c) Amplitude des ondes P, Q, R, S, T

	P mV	Q mV	R mV	S mV	T mV
Srr					
Autenschlager					
fredson- ykes	0,11 (0,03 - 0,22)	0,21 (0,00 - 1,00)	0,43 (0,10 - 2,60)	0,04 (0,00 - 0,5)	0,33 (0,10 - 0,90)
latner- ibler- rody	0,4-1,2 mm	0,3-2,7 mm	0,4-9 mm	0,2-5 mm	2 - 4 mm
uzier					
arruel	0,1		0,5 - 1		0,2 - 0,5
ellers - emingway	Résultats très variables en fonction de la dérivation unipolaire utilisée.				
oo - akamura	0,08	0,08	0,164	0,386	0,28
ünge	0,12	0,08	0,56	0,73	0,30
ander	0,20		0,8 - 1,50		0,30 - 0,50
hielscher- lock	0,22	0,14	1,28		0,55
erghariu eaux < 3 mois	0,076 - 0,129	0,104 - 0,227	0,381 - 0,729	0,096 - 0,405	0,113-0,458
erghariu eaux 6 à 12 mois	0,06 - 0,134	0,025 - 0,134	0,268 - 0,448	0,094 - 0,785	0,063-0,384
chultz- retorius	0,174 - 0,999		0,424 - 1,666		0,174-0,999
emecäk	0,09		0,75		0,31

On peut seulement remarquer que, en général, les amplitudes obtenues sont assez faibles.

Les valeurs sont ici très variables suivant les auteurs. En effet, le matériel et les méthodes employées, en particulier le système de dérivations adopté, ont une grande influence sur les amplitudes des accidents électrocardiographiques. On sait déjà que, sur un même animal, les dérivations varient du tout au tout suivant que l'on emploie le standard d'Einthoven ou les dérivations proposées par Dubois ou Too et Nakamura.

d) Axes électriques

D'après les résultats obtenus jusqu'à présent, la direction des axes électriques moyens de QRS paraît très variable d'animal à animal.

On peut résumer dans un petit tableau les quelques valeurs obtenues :

AUTEURS	DIRECTION DE L'AXE
Alfredson-Sykes	2 zones + 30 à + 180° et - 30 à - 170° dans 90% des cas, de + 30 à + 90°
Dubois	antérieurement dans l'axe du corps
Jünge	de la direction caudo-ventrale à gauche à la direction crânio-dorsale à droite
Schultz-Pretorius	- 90° à 175° ; moyenne : - 134°
Gerghariu	57% des veaux de moins de trois mois 0 à - 90° 40% des veaux de 6 à 12 mois - 124 à - 140°

L'axe électrique cardiaque des bovins est donc le plus souvent pointé vers l'avant.

Enfin, il faut parler de l'intéressante étude faite par Van Arsdel, Krueger et Bogart (52) à propos de l'orientation vectrice des axes P, QRS et T chez les bovins de boucherie : chez les veaux nouveaux-nés, le vecteur de QRS est dirigé vers la tête et le vecteur de T vers la queue. A 350 kg de poids vif, le vecteur de QRS est situé dorsalement, celui de T ventralement.

Le vecteur de P, lui, semble pointer caudalement et vers la gauche, de la naissance jusqu'au poids de 350 kg.

e) Forme des ondes électrocardiographiques

Plusieurs auteurs se sont penchés sur l'étude de la forme des accidents électrocardiographiques.

Malheureusement, les variations qui existent entre chaque dérivation et suivant la méthode employée rendent le problème très complexe, et il est difficile de tirer des conclusions générales sur la forme de chaque onde.

Onde_P

- elle est souvent diphasique dans les tracés effectués par Alfredson et Sykes, Lank et Kingrey, Thielscher et Flock, Too et Nakamura ;
- elle est monophasique dans les tracés effectués par Schultz et Prétorius et Too et Nakamura dans leurs dérivations semi-unipolaires ;
- elle est de toute façon très variablement positive ou négative suivant les animaux et les systèmes de dérivation.

Complexe_QRS

C'est l'onde qui présente le plus de variabilité.

Alfredson et Sykes classèrent les tracés électrocardiographiques suivant la forme de QRS en D_{II} ; ils formèrent ainsi quatre groupes :

- groupe 1, dans lequel R prédomine,
- groupe 2, dans lequel QRS est diphasique,
- groupe 3, dans lequel les potentiels sont très faibles dans toutes les dérivations,
- groupe 4, dans lequel Q prédomine.

Sander et Lank et Kingrey classèrent aussi leurs électrocardiogrammes en fonction du complexe QRS.

Too et Nakamura obtinrent des complexes QRS de type R ou qR, Schultz et Pretorius de type RS, rR ou QS.

Tous les auteurs ayant comparé les électrocardiogrammes en fonction de l'âge des animaux se rejoignent pour remarquer que l'amplitude de R diminue avec l'âge.

Onde_T

On ne peut tirer aucune conclusion des travaux effectués : on peut la trouver monophasique, diphasique, positive ou négative.

Intervalles_PR_et_ST

Ils sont généralement isoélectriques.

f) Conclusion

Cette récapitulation rapide des résultats obtenus par la douzaine d'auteurs ayant effectué des tracés sur des bovins normaux nous permet de tirer les conclusions suivantes :

- le rythme cardiaque des bovins adultes est en moyenne de 70 à 80 battements par minute,
l'existence d'une arythmie respiratoire est rare ;
- la mesure de la durée des ondes et des intervalles permet d'établir des valeurs moyennes utilisables pour étudier des électrocardiogrammes pathologiques ;
- la mesure des amplitudes et l'étude de la forme des ondes ne donnent pas des résultats très variables en fonction des animaux et des techniques utilisées ;
- le calcul de la direction de l'axe électrique cardiaque des bovins donne lui aussi des résultats variables ; néanmoins, il semble être le plus souvent dirigé vers l'avant.

3. DIAGNOSTIC DE GESTATION PAR ELECTROCARDIOGRAPHIE CHEZ LA VACHE

a) Electrocardiographie chez la vache gravide

Les électrocardiogrammes effectués sur des vaches gravides, avec les systèmes de dérivations habituels, ne révèlent que peu de particularités intéressantes.

Chiesa, Nosedà et Aguggini (5), en 1959, observèrent seulement une augmentation discrète de la fréquence cardiaque et conclurent qu'il n'est pas possible de décrire un électrocardiogramme typique de la vache en gestation.

Mais beaucoup plus intéressants furent les travaux japonais de Too, Kanagawa, Kawata, en 1969 (48).

Dans une première étude fondamentale, ils mirent au point un ensemble de dérivations bipolaires où ils appliquèrent les électrodes en dix points de la paroi abdominale et dans le rectum ou le vagin.

Ils purent ainsi recueillir, à partir du 146ème jour de gestation, des ondes QRS correspondant à la dépolarisation ventriculaire du cœur fœtal. Ils remarquèrent que le rythme cardiaque du fœtus décroît à mesure que la gestation avance, que les tracés des QRS fœtaux sont plus ou moins bons suivant la dérivation employée, la position du fœtus et le stade de gestation, et que les mouvements du fœtus provoquent de grandes variations d'amplitude du complexe QRS.

../..

Cette étude générale aura plusieurs applications :

- le diagnostic d'insuffisance cardiaque fœtale,
- le diagnostic de la mort fœtale et, en particulier, de la momification,
- le diagnostic de gestation multifœtale .

b) Diagnostic de gestation gémellaire par électrocardiographie

A l'aide des dérivations bipolaires précédemment utilisées, Too, Kanagawa et Kawata ont obtenu de très bons résultats : à partir du 5ème mois de gestation en moyenne, deux complexes QRS supplémentaires apparaissent très nettement sur les tracés. En leur superposant l'électrocardiogramme maternel, on déduira facilement les rythmes cardiaques fœtaux.

De plus, ces auteurs observèrent des arythmies fœtales d'origine encore inconnue et purent définir, suivant la direction relative des ondes QRS, la position des fœtus dans la matrice.

Dix ans plus tard, Bosc et Chupin (3) se penchèrent sur le problème dans un but zootechnique. Afin de pouvoir suralimenter les vaches en fin de gestation gémellaire, ils tentèrent de diagnostiquer précocement la présence de deux fœtus par électrocardiographie.

En appliquant les électrodes sur les flancs en avant des deux grassets, ils ont pu repérer les QRS fœtaux dans 100% des cas après 240 jours de gestation, dans 85% des cas entre le 180ème et le 240ème jour de gestation. Une médication appropriée leur permit alors d'obtenir des jumeaux plus lourds à la naissance et une diminution des cas de rétention placentaire.

4. ETUDES ELECTROCARDIOGRAPHIQUES DANS CERTAINS CAS PATHOLOGIQUES

Les rares études électrocardiographiques effectuées jusqu'à présent sur des cas pathologiques n'intéressent que quelques maladies ou déséquilibres métaboliques. On pourra les classer en trois groupes :

- a) troubles cardiaques purs,
- b) troubles cardiaques secondaires à un processus pathologique,
- c) troubles cardiaques dus à des déséquilibres métaboliques et à l'action de certaines substances.

a) Troubles cardiaques purs

= blocs cardiaques

- (17) Gabrakansky, en 1960, observa un cas de bloc total d'origine extracardiaque, chez la vache, pendant que l'on compressait un anneau trachéal. Ce phénomène curieux était dû à la présence d'un morceau de fil de fer tout près du nerf vague gauche qui, par irritation, provoquait un réflexe vago-sympathique.

Pruitt (37), lui, en 1962, s'intéressa aux blocs de branche. Il compléta ainsi les travaux d'Alfredson et Sykes en 1940. Comme eux, il provoqua des blocs de branche gauches et droits sur des veaux en agissant directement au niveau du cœur par ligature ou section des faisceaux de conduction. Il obtint un allongement de 0,02 s et un changement de forme du complexe QRS. Ces anomalies sont similaires à celles déjà trouvées chez le chien dans les mêmes conditions.

= syndrome de Wolff, Parkinson, White

Ce syndrome facilement identifiable par électrographie, mais peu connu, fut étudié par Spörri en 1953 et par Van Arsdel et Bogart en 1961. (44) et (53).

Chez le chien, on observe un raccourcissement de PR et un allongement de QRS ; on a donc accélération de la conduction auriculo-ventriculaire et ralentissement de la conduction intraventriculaire.

Chez la vache, ces troubles sont confirmés. Van Arsdel et Bogart observeront aussi une augmentation du potentiel de QRS et un changement de direction de l'axe de QRS.

b) Troubles cardiaques secondaires à un processus pathologique

= péricardite traumatique

- (17) Gabrakansky, en 1969, étudia les anomalies électrocardiographiques accompagnant cette maladie. Il observa des altérations de l'onde P et du segment ST.

Pendant la phase exsudative, où il y a surpression intrapéricardique, l'onde P devient profonde, de grande amplitude, et peut changer de polarité. Dans la phase finale de la péricardite traumatique, le segment ST devient très court et n'est plus isoélectrique.



Vacirca (51), lui, trouve des altérations de QRS (bas voltage), une inversion de l'onde T et une incurvation de ST comme Gabrakansky. Il met ces anomalies sur le compte de l'état ischémique du myocarde et de la moindre diffusion des potentiels causée par l'épanchement péricardique.

= leucose bovine

- (23) Karge et Werner, en 1963, rapportèrent un raccourcissement de la révolution cardiaque et des altérations de QRS toutes les deux révolutions.

Sander (41), lui, en 1967, étudia 60 cas de leucose bovine, dont 48 s'accompagnaient de proliférations lymphoïdes du cœur. Ce travail important lui permit de conclure qu'il n'existe pas d'indices spécifiques électrocardiographiques permettant la détection de leucoses cardiaques.

= fièvre aphteuse

Vacirca (51) attribue les modifications électrocardiographiques trouvées sur les bovins atteints du syndrome cardio-respiratoire post-aphteux aux lésions de myocardite et d'emphysème interstitiel.

- c) Troubles cardiaques dus à des déséquilibres métaboliques et à l'action de certaines substances

= déséquilibres ioniques (Mg, K, Ca)

L'incidence de la magnésémie, de la calcémie et de la kaliémie sur l'électrocardiogramme des bovins a été étudiée par plusieurs auteurs :

- Horwath, Todd, Weiss (21) révèlent une augmentation du rythme cardiaque et des anomalies du complexe QRS et de l'onde T dans l'hypomagnésémie induite chez les veaux ;
- Rakalaska, Cakala, Borgowski (38), en 1975, induirent une acidose ruminale en administrant du saccharose per os à 6 bovins. Ils observèrent une indigestion suivie de diarrhée et accompagnée de tachycardie. Les dosages ioniques révélèrent une hypocalcémie, une hypochlorémie, une hyponatrémie et une hyperkaliémie. Les désordres ECG apparurent 36 heures après l'administration de sucre. La tachycardie est importante, l'intervalle QT est raccourci et l'onde T double d'amplitude. L'influence du Na et du Cl étant peu connue, la cause de ces anomalies ECG est rapportée principalement à l'hypocalcémie et à l'hyperkaliémie ;
- Rumsey et Putmans (40), eux, cherchèrent à reproduire une tétanie par administration per os de KCl et d'acide citrique à 5 jeunes bovins. L'hyperkaliémie et l'acidose provoquèrent un élargissement de P, de QRS et de T, et un raccourcissement des intervalles PR et QT ;
- Spörri et Raggenbass (45), en 1940, étudièrent l'influence de la calcithérapie sur l'électrocardiogramme dans la fièvre vitulaire. Avant le traitement, le pouls est irrégulier, le segment RT est allongé et il existe des extrasystoles. Après l'injection de glucomate de calcium, le segment RT diminue et le rythme redevient normal ;

- Czub (7), lui, en 1961, observa une bradycardie et un bloc sinoatrial après l'injection de gluconate de Ca. Par contre, une injection de Mg fait apparaître des extrasystoles et une tachycardie sinusale.

= influence de la diète sur l'ECG des bovins

Nemecěk (31), en 1967, compara les valeurs électrocardiographiques obtenues sur des vaches normales et après 24 heures de diète ; il ne trouva pas de différences significatives.

Par contre, Rakalaska, Cakala et Borgowski (59), en 1974, obtinrent des variations électrocardiographiques, dans des conditions différentes il est vrai : après 24 heures de diète, le rythme sinusal commence à diminuer et continue à décroître dans les jours suivants.

Les durées de P, PR, QRS, QT et T sont allongées et l'amplitude de T augmente de jour en jour.

D'après ces auteurs, l'amplitude de T augmente plus dans l'acidose que l'alcalose, et la diète provoque une bradycardie consécutive à l'alcalose ruminale (au contraire de l'acidose).

Rumsey et Putmans (40), eux, en 1970, notent une augmentation du rythme cardiaque et une diminution de QT proportionnelle à la concentration de la ration.

= action des barbituriques sur l'ECG

Nemecěk (31), en 1968, étudia l'action du thiopentobarbital, de l'halothane et de l'hydrate de chloral : dans les trois cas, l'administration provoque une augmentation du rythme cardiaque, un raccourcissement des intervalles et une altération des amplitudes (P et T augmentent).

La récupération a lieu en 6 heures avec le thiopentobarbital et l'halothane, en plus de 24 heures avec le chloral.

= action du lindane sur l'ECG

L'intoxication au lindane fut étudiée en 1975 par Venturati, Rizzi, Petazzi (55), qui notèrent de l'arythmie et une augmentation d'amplitude de T, comme dans l'hyperkaliémie.

d) Conclusion

Cette rapide vue d'ensemble des travaux effectués sur l'électrocardiogramme pathologique des bovins nous fait apparaître une grande hétérogénéité. Seuls quelques points isolés de la pathologie cardiaque bovine primitive ou secondaire à une maladie ont été abordés jusqu'à présent.

MÉTHODE ET MATÉRIEL UTILISÉS DANS L'EXPÉRIMENTATION PERSONNELLE

I - CHOIX DES DERIVATIONS

L'étude bibliographique a laissé apparaître une grande confusion d'idées. Parmi les nombreuses méthodes proposées, il faut surtout en retenir deux :

- celle de DUBOIS qui apparaît comme la mieux adaptée à la disposition anatomique du coeur des bovins
- celle d'Einthoven, qui reste la méthode la plus employée encore de nos jours.

Les dérivations de Dubois donnent les meilleures amplitudes et les tracés les plus constants d'animal à animal, mais elles paraissent moins sensibles que les dérivations standard des membres aux anomalies de propagation de l'onde d'excitation myocardique. De plus, le lieu d'emplacement des électrodes proposé par Dubois, devant les épaules, est très précis. La moindre différence de position, d'animal à animal, donne d'importantes variations sur les tracés. Quant à l'emplacement de la troisième électrode en région rétroxyphoïdienne, il paraît peu pratique.

De ce fait, nous avons adopté le système d'Einthoven qui est le plus révélateur dans les cas pathologiques, le mieux rodé actuellement et le plus pratique à mettre en oeuvre.

Enfin, délaissant les aiguilles d'implantation sous-cutanée qui, si elles donnent de bons contacts, provoquent des réactions gênantes de l'animal, nous avons adopté des électrodes-pinces appliquées à même la peau, en améliorant le contact par l'emploi d'une pâte conductrice appropriée.

II - CHOIX DES ANIMAUX

Notre étude porte sur deux lots de vaches laitières, de race française frisonne, pie noire ou parfois Holstein.

Le premier lot comprend 30 vaches de 3 à 12 ans, ne présentant aucune maladie.

Le deuxième lot comprend environ 25 vaches atteintes de syndromes à répercussion cardiaque, auxquelles s'ajoutent 4 ou 5 jeunes bovins de moins d'un an dont les cas pathologiques présentaient un intérêt sur le plan électrocardiographique.

Cette expérimentation s'est effectuée dans des exploitations de la région lyonnaise et à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon.

.../...

III - APPAREIL UTILISE

Nous avons employé un électrocardiographe Cardioline ETA, qui présentait de très nombreux avantages : faible encombrement, légèreté, maniabilité, simplicité d'utilisation.

Ses dimensions sont de 29 cm de longueur, 15 cm de largeur, 25 cm de hauteur ; son poids est de 6 kg.

L'inscription est faite par une plume chauffante à température variable de 0 à 50° ; sur du papier thermosensible. La vitesse de déroulement est, soit de 25 mm/sec, soit de 50 mm/sec.

La sensibilité de l'appareil peut être réglée entre 0 et 15 mm pour 1 mV, avec possibilité de diminuer l'amplitude de moitié.

Un filtre ramenant les fréquences de 120 Hz à 50 Hz permet d'éliminer en partie les interférences dues aux tremblements musculaires de l'animal. Plusieurs sujets nous obligèrent à utiliser ce filtre.

Enfin, l'alimentation de l'appareil se fait au moyen d'une batterie de 12 V, rechargeable sur le secteur. Son autonomie permet d'effectuer une cinquantaine de tracés.

Les connexions se font au moyen de câbles portant chacun une électrode-pince en alliage "argent-cuivre-tungstène" ; chaque pince porte un repère coloré qui facilite le placement :

- rouge	:	membre antérieur droit,
- jaune	:	membre antérieur gauche
- noir	:	membre postérieur droit,
- vert	:	membre postérieur gauche.

Un commutateur à plusieurs positions permettra d'utiliser les 6 dérivations D1, D2, D3, aV_R, aV_L, aV_F.

IV - MISE EN FONCTIONNEMENT DE L'APPAREIL

1. Position de l'animal

La plupart des tracés ont été effectués à l'étable, sur l'animal debout, maintenu à la tête quand cela était nécessaire.

Quelques enregistrements, en particulier sur les vaches atteintes de fièvre vitulaire ont été effectués sur l'animal couché.

.../...

2. Mise en place de l'appareil

Les pinces furent placées sur la peau, aux deux plis du coude et aux deux plis du grasset, en interposant un morceau de coton imbibé d'une solution conductrice.

La longueur des câbles (environ 5 mètres) permet de mettre l'appareil hors de portée de l'animal, sur une botte de paille par exemple.

Une fois les électrodes mises en place, l'animal réagit assez souvent et s'excite quelque peu. Il faut alors attendre quelques minutes avant de commencer l'enregistrement.

3. Réglage de l'appareil

Après vérification de la charge de la batterie à l'aide d'un témoin lumineux, on place le commutateur de dérivation sur la position T et l'on fait défiler le papier afin d'étalonner l'appareil. On peut alors régler l'amplitude (ici, 1 cm pour 1 mV), centrer l'aiguille et choisir la vitesse d'enregistrement.

Dans la mesure où l'animal reste calme, l'enregistrement peut alors commencer.

V - ANALYSE DES RESULTATS

Pour chaque animal, nous étudierons :

- la fréquence cardiaque
- le type de rythme
- la durée des ondes et des intervalles
- l'amplitude et la forme des accidents,
- l'axe électrique cardiaque chez les vaches en bonne santé.

De plus, dans l'étude de l'électrocardiogramme normal de la vache laitière, nous donnerons des valeurs statistiques (moyenne et écart-type) pour les séries de valeurs interprétables.

En nous référant à ces valeurs normales, nous tenterons, dans un second temps, d'interpréter des électrocardiogrammes pathologiques.

RÉSULTATS ÉLECTROCARDIOGRAPHIQUES OBTENUS SUR DES VACHES EN BONNE SANTÉ

Nous avons effectué des tracés électrocardiographiques dans les 6 dérivations d'Einthoven sur un lot de 30 vaches laitières adultes de race frisonne ou Holstein, dont l'âge varie de 3 à 12 ans. Ces 30 bovins font partie de plusieurs exploitations à production laitière de la région lyonnaise.

Un examen clinique général, complété d'une auscultation et d'une étude des commémoratifs donnés par le propriétaire de ces animaux, nous laissent présumer qu'ils ne sont atteints d'aucune maladie grave, ni de troubles cardiaques importants.

Dans chaque cas, les tracés nous permettront de mesurer le rythme cardiaque, la durée des ondes et des intervalles, les amplitudes des accidents dans les trois dérivations bipolaires et de calculer l'axe électrique cardiaque moyen.

Après avoir dressé un tableau des valeurs obtenues, nous avons pu étudier statistiquement les résultats et donner des moyennes accompagnées de leur écart-type.

1. Fréquence cardiaque

La fréquence cardiaque est mesurée en D1 et en aV_F . On s'aperçoit alors qu'il existe une grande différence entre ces deux dérivations : en effet, il y a constamment diminution du rythme en allant de D1 à aV_F .

Ce phénomène est certainement lié à l'état d'excitation de l'animal juste après la mise en place des électrodes. On est en présence d'une tachycardie sinusale physiologique. Il est évident que le rythme mesuré en aV_F est le plus proche du rythme normal qui, lui, doit être encore légèrement inférieur sur une vache totalement calme et placée dans son environnement habituel.

Aucune arythmie respiratoire n'a été mise en évidence.

Les mesures de fréquence nous seront facilitées par l'emploi d'une réglette fournie avec l'appareil Cardioline et donnant directement le rythme, en pulsation par minute, suivant la longueur des intervalles R - R

Les résultats obtenus sont référés dans le tableau N° 1 :

en D1	rythme moyen	84,1 $\pm$ 13,9 coups/mn
	valeurs extrêmes	58 - 110 coups/mn
en aV_F	rythme moyen	74,6 $\pm$ 13,8 coups/mn
	valeurs extrêmes	55 - 110 coups / Mn

.../...

2. Durée des ondes et des intervalles

Les valeurs en secondes obtenues pour l'onde P, le complexe QRS, l'onde T et les intervalles PQ, ST et TP sont répertoriées dans le tableau N° 1.

Les valeurs moyennes sont pour :

- <u>l'onde P</u>		$0,046 \pm 0,013 \text{ sec}$
	(0,04 à 0,09 sec)	
- <u>le complexe QRS</u>		$0,0346 \pm 0,014 \text{ sec}$
	(0,02 à 0,08 sec)	
- <u>l'onde T</u>		$0,0596 \pm 0,016 \text{ sec}$
	(0,04 - 0,09 sec)	
- <u>l'intervalle PQ</u>		$0,120 \pm 0,029 \text{ sec}$
	(0,08 - 0,16 sec)	
- <u>ST</u>		$0,216 \pm 0,037 \text{ sec}$
	;(0,15 - 0,28 sec)	
- <u>TP</u>		$0,260 \pm 0,085 \text{ sec}$
	(0,18 - 0,40 sec)	

Comparaison avec les valeurs obtenues depuis 1920

On remarque donc que les durées de P, de T, de PQ et de ST concordent en général avec les valeurs moyennes trouvées dans les études précédentes.

Par contre, la durée du complexe QRS est en général plus brève, ici 0,035 sec en moyenne (les auteurs précédents obtenaient des valeurs allant généralement de 0,06 à 0,08 sec).

En accord avec Alfredson et Sykes, et beaucoup d'autres auteurs, on peut remarquer que les durées des intervalles PR et QT sont inversement proportionnelles au rythme cardiaque et que le fait est beaucoup moins significatif pour la durée du complexe QRS.

ANIMAL	RVTHME (coups/mn)		DUREES (sec)					
	D1	AV _F	P	QRS	T	PQ	JT	TP
1	75	68	0,06	0,02	0,05	0,12	0,23	0,2
2	95	60	0,09	0,02	0,06	0,09	0,24	0,4
3	108	95	0,06	0,03	0,04	0,10	0,20	0,1
4	88	83	0,06	0,04	0,06	0,12	0,24	0,2
5	90	80	0,04	0,03	0,05	0,15	0,24	0,2
6	95	75	0,06	0,03	0,06	0,12	0,24	0,2
7	80	75	0,05	0,06	0,08	0,08	0,18	0,2
8	96	96	0,06	0,04	0,09	0,10	0,20	0,1
9	90	70	0,04	0,04	0,06	0,10	0,20	0,2
10	72	64	0	0,04	0	0,16	0,20	0,3
11	78	78	0	0,05	0	0,12	0,24	0,2
12	100	82	0,03	0,03	0,07	0,15	0,16	0,1
13	110	100	0,04	0,02	0,06	0,08	0,15	0,1
14	88	68	0,04	0,08	0,06	0,16	0,16	0,2
15	70	70	0,04	0,03	0,06	0,08	0,15	0,3
16	110	110	0	0,02	0,04	0,08	0,18	0,08
17	95	62	0,06	0,02	0,08	0,12	0,20	0,3
18	85	78	0,04	0,03	0,06	0,16	0,24	0,2
19	80	72	0,03	0,06	0,06	0,12	0,20	0,24
20	98	95	0,02	0,04	0,04	0,10	0,16	0,16
21	68	65	0,04	0,03	0,04	0,16	0,28	0,28
22	58	55	0,04	0,03	0,08	0,16	0,28	0,40
23	70	61	0,05	0,04	0,04	0,10	0,24	0,36
24	60	60	0,05	0,03	0,06	0,12	0,25	0,40
25	80	60	0,04	0,06	0,06	0,08	0,24	0,36
26	80	75	0,04	0,03	0,08	0,12	0,24	0,28
27	80	70	0,04	0,02	0,08	0,10	0,24	0,28
28	88	80	0,04	0,02	0,04	0,12	0,24	0,20
29	75	68	0,04	0,03	0,08	0,16	0,24	0,20
30	65	60	0,04	0,02	0,03	0,16	0,28	0,32

3. Amplitude et forme des accidents électrocardiographiques

Les amplitudes des ondes P, QRS, T en D1, D2 et D3 sont répertoriées dans le tableau N° 2.

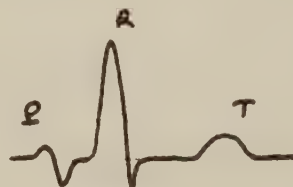
D'une façon générale, on peut remarquer la faiblesse des voltages, la très grande variabilité d'animal à animal dans chaque dérivation, et l'absence de symétrie entre D2 et D3. Tout ceci correspond bien aux conclusions que Dubois avait faites dans ses expériences de 1960.

Cette variabilité dans les voltages et la polarité des accidents rend inutile le calcul statistique de la moyenne et de l'écart-type ; les résultats seraient sans signification.

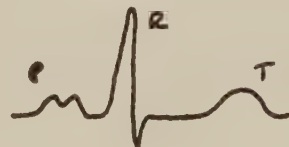
a) Onde P

- + amplitude Elle est très faible, le plus souvent inférieure à 0,1 mV, fréquemment nulle. Elle est en général positive en D1 et D2, nulle ou très légèrement négative en D3
- + forme L'onde P apparaît comme un petit accident arrondi et assez plat. Elle est généralement monophasique, mais on la trouve 5 fois diphasique (±) et 2 fois diphasique (++) en D1, 3 fois diphasique (±) en D2 et très souvent nulle, donc peu visible en D3.

Onde P diphasique (±)



Onde P diphasique (++)



b) Complexe QRS

- + amplitude Le voltage est rarement supérieur à 0,5 mV.
- en D1, il est 11 fois positif, 19 fois négatif
 - en D2, 7 fois positif, 4 fois nul, 19 fois négatif
 - en D3, 15 fois positif, 1 fois nul, 14 fois négatif
- + forme Le complexe QRS est le plus souvent représenté par un pic étroit de type QR (, moins souvent de type RS (

.../...

On retrouve assez fréquemment, sur la pente descendante de l'accident R un très léger décrochement n'augmentant que très peu la durée du complexe QRS. Ce décrochement correspond à un ralentissement de la conduction dans les ventricules. On peut l'assimiler à un bloc de branche de très faible importance, mais non pathologique. L'interprétation des blocs de branche pathologiques sera donc délicate

c) Onde T

+ amplitude

De voltage variable, mais en général compris entre celui de l'onde P et de l'onde R, T est le plus souvent négative en D1, positive en D3 et aussi souvent positive que négative en D2

Alors que chez l'homme, l'onde T varie généralement dans le même sens que QRS, il n'en est pas de même chez la vache, en D1 par exemple, T est inversée par rapport à QRS, 14 fois sur 30.

+ forme

L'onde T est représentée par un accident d'amplitude moyenne, soit monophasique, soit diphasique.

Quand elle est monophasique, elle est pointue et asymétrique, à pente descendante plus raide que la pente montante quand elle est positive et vice-versa.

- en D1, elle n'est diphasique ($\pm$) que 4 fois sur 30, le reste du temps elle est monophasique ;

- en D2, par contre, elle est 9 fois diphasique ($\pm$)

- en D3, elle l'est 4 fois.

4. Calcul de l'axe électrique cardiaque moyen

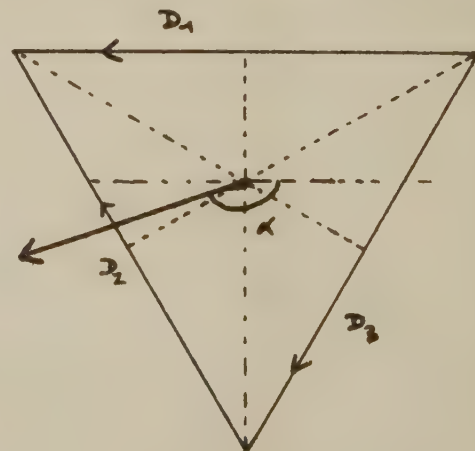
Nous ne calculerons en fait que l'axe de QRS qui représente le vecteur d'activité des ventricules, donc presque la totalité de l'activité électrique du cœur.

Nous construirons dans chaque cas un triangle équilatéral d'Einthoven et reporterons les longueurs de l'onde R en D1, D2 et D3, en triplant l'échelle pour faciliter la construction des vecteurs résultants.

La résultante obtenue fera un angle α allant de 0 à 360° par rapport à l'horizontale du côté droit

Exemple

	D1	D2	D3
QRS	- 0,6 mV	-0,2 mV	+ 0,6 mV
α	$\approx 140^\circ$		



Pour chaque angle, nous arrondirons la valeur à la demi-dizaine la plus proche. En effet, la faiblesse des voltages impliquant une précision des mesures toute relative, ainsi que l'approximation faite dès le départ en assimilant le triangle d'exploration équilatéral, rendent inutile un calcul très précis des angles vectoriels.

Les valeurs sont répertoriées dans le tableau N° 2. La moyenne est de $222,5 \pm 78,2$. Comme l'avait remarqué Dubois, la variabilité est énorme.

L'axe est dirigé 18 fois sur 30 vers l'avant ; il est plus d'une fois sur trois dans le 2° cadran, aussi souvent dans le 4°, jamais dans le premier.

Quand il est dans le 2° ou le 4° cadran, il est souvent perpendiculaire à D2 (le voltage de QRS est faible dans cette dérivation).

En utilisant les dérivations standard d'Einthoven, les résultats sont si variables qu'il semble inutile de calculer l'axe électrique cardiaque pour interpréter les électrocardiogrammes pathologiques.

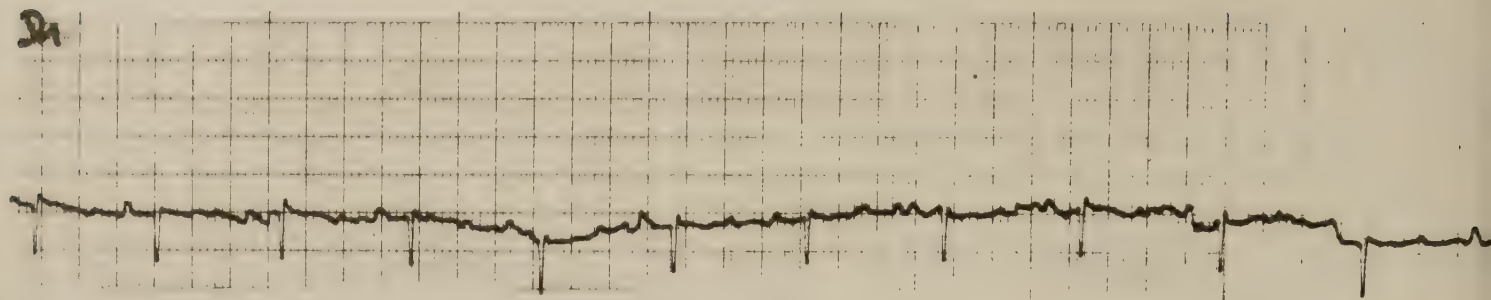
ANIMAL	A M P L I T U D E S (mV)									AXE ELECTRIQUE (degrés)
	P			QRS			T			
	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	
1	+ 0,2	+ 0,1	- 0,1	+ 0,3	- 0,4	- 0,4	- 0,2	- 0,2	+ 0,2	290°
2	+ 0,2	+ 0,1	+ 0,1	- 0,25	- 0,5	- 0,3	0	+ 0,3	0	255°
3	+ 0,1	+ 0,1	+ 0,05	- 0,7	- 0,6	+ 0,2	0	- 0,1	+ 0,15	195°
4	+ 0,1	+ 0,1	- 0,05	- 0,6	- 0,4	+ 0,5	+ 0,05	+ 0,2	+ 0,25	175°
5	0	+ 0,1	0	+ 0,3	+ 0,1	- 0,1	- 0,1	- 0,05	+ 0,1	335°
6	+ 0,25	0	0	- 0,4	- 0,1	+ 0,4	- 0,2	- 0,3	+ 0,3	130°
7	+ 0,1	0	0	+ 0,2	+ 0,1	- 0,2	- 0,2	0	+ 0,2	310°
8	+ 0,1	+ 0,1	0	+ 0,2	- 0,5	- 0,5	- 0,25	+ 0,1	+ 0,2	280°
9	+ 0,1	0	+ 0,15	- 0,4	0	+ 0,5	- 0,1	0	+ 0,2	150°
10	0	0	0	+ 0,4	0	- 0,3	0	0	0	325°
11	0	0	0	+ 0,4	0	- 0,35	0	0	0	320°
12	- 0,05	+ 0,1	0	- 0,5	- 0,5	- 0,1	- 0,05	+ 0,2	+ 0,3	210°
13	+ 0,05	+ 0,05	0	+ 0,3	- 0,2	- 0,4	- 0,1	+ 0,1	+ 0,1	320°
14	+ 0,2	+ 0,2	0	- 0,7	- 0,3	+ 0,4	- 0,4	- 0,3	+ 0,4	180°
15	+ 0,15	+ 0,05	0	- 0,5	+ 0,13	+ 0,3	- 0,4	- 0,2	- 0,2	145°
16	0	0	0	+ 0,3	0	+ 0,5	0	0	+ 0,1	310°
17	+ 0,2	+ 0,2	- 0,1	+ 0,5	+ 0,4	- 0,6	- 0,4	- 0,4	+ 0,5	350°
18	+ 0,1	0	0	+ 0,4	- 0,1	+ 0,5	- 0,1	+ 0,2	+ 0,2	100°
19	+ 0,1	+ 0,1	0	- 0,7	- 0,2	+ 0,4	- 0,2	+ 0,2	+ 0,2	170°
20	+ 0,05	+ 0,05	0	- 0,4	- 0,1	+ 0,5	+ 0,1	- 0,1	+ 0,1	155°
21	+ 0,1	0	0	+ 0,5	- 0,3	- 0,6	0	+ 0,3	+ 0,2	305°
22	+ 0,1	+ 0,1	0	- 0,1	+ 0,2	+ 0,4	- 0,8	- 0,4	+ 0,5	100°
23	+ 0,1	+ 0,05	- 0,05	- 0,4	- 0,4	0	- 0,05	+ 0,1	+ 0,05	215°
24	+ 0,2	+ 0,15	- 0,05	- 0,3	- 0,7	- 0,5	+ 0,2	+ 0,3	- 0,1	250°
25	+ 0,15	+ 0,1	0	- 0,3	+ 0,2	+ 0,5	- 0,2	- 0,1	0	125°
26	+ 0,1	+ 0,05	0	- 0,5	- 0,3	+ 0,5	- 0,3	+ 0,2	- 0,1	165°
27	+ 0,1	+ 0,05	- 0,05	- 0,2	+ 0,1	+ 0,3	- 0,4	- 0,2	+ 0,2	135°
28	+ 0,1	+ 0,1	+ 0,3	- 0,2	- 0,2	- 0,5	0	- 0,2	+ 0,1	280°
29	0	0	0	- 0,6	- 0,5	+ 0,1	+ 0,7	+ 0,3	- 0,25	200°
30	+ 0,05	+ 0,05	- 0,05	- 0,5	- 0,4	+ 0,2	+ 0,05	+ 0,05	+ 0,1	195°

6. Conclusion

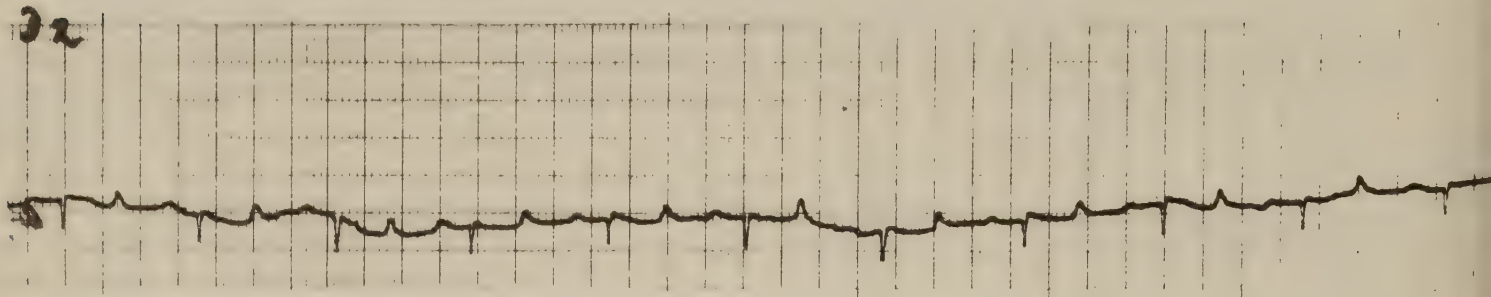
Cet ensemble de données électrocradiographiques obtenues sur des vaches normales nous permettra d'interpréter quelques électrocardiogrammes pathologiques, tout au moins pour ce qui est du rythme cardiaque, de la durée et de la forme des ondes et des intervalles.

Malheureusement, l'amplitude des accidents et l'axe électrique cardiaque sont si variables d'un animal à l'autre que leur mesure ne nous sera d'aucune utilité.

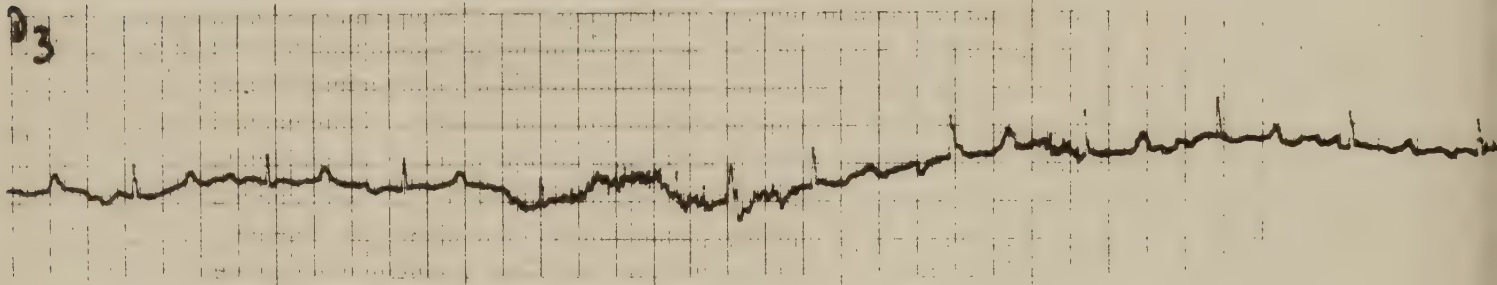
D₁



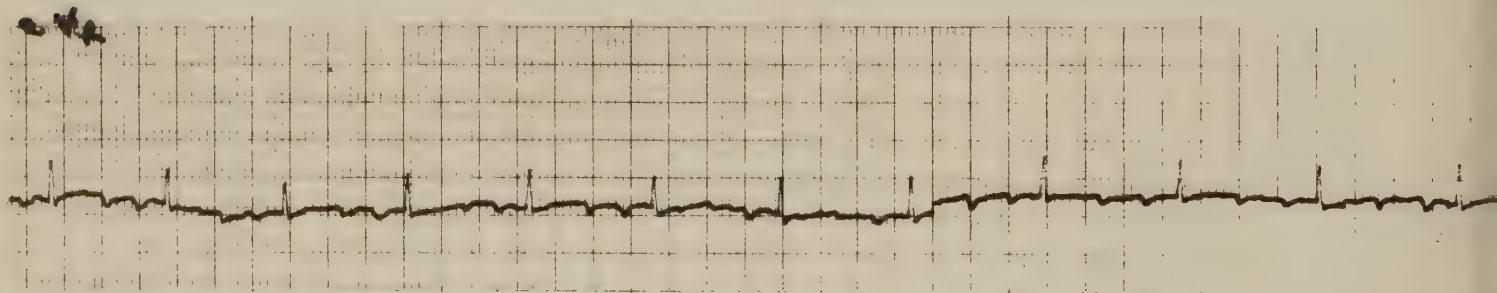
D₂



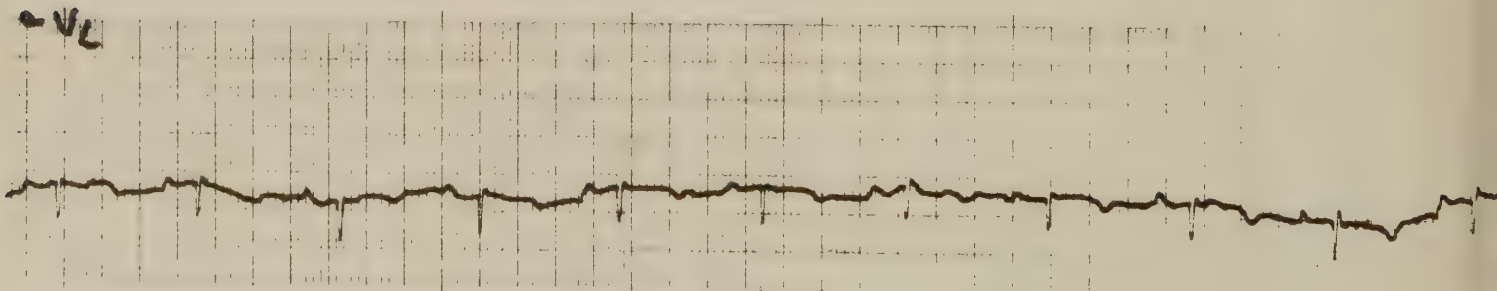
D₃



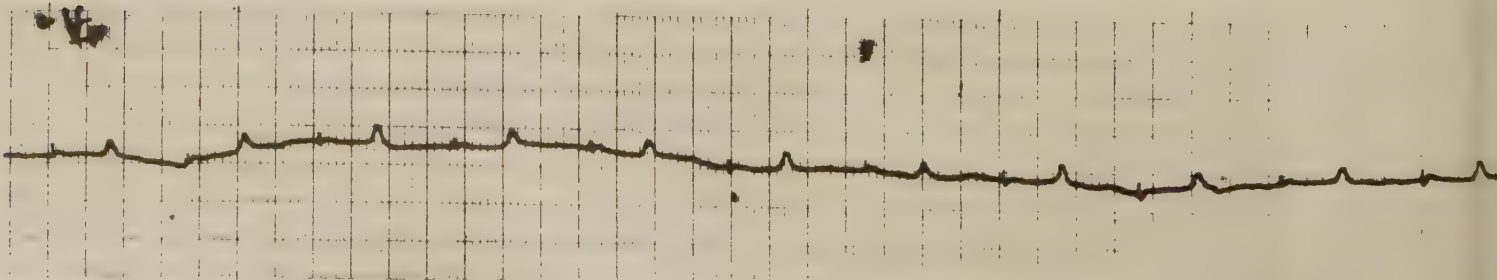
aV_F



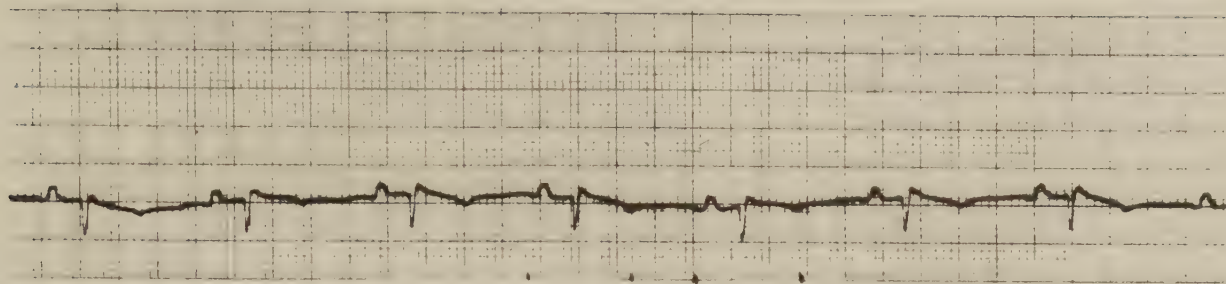
aV_L



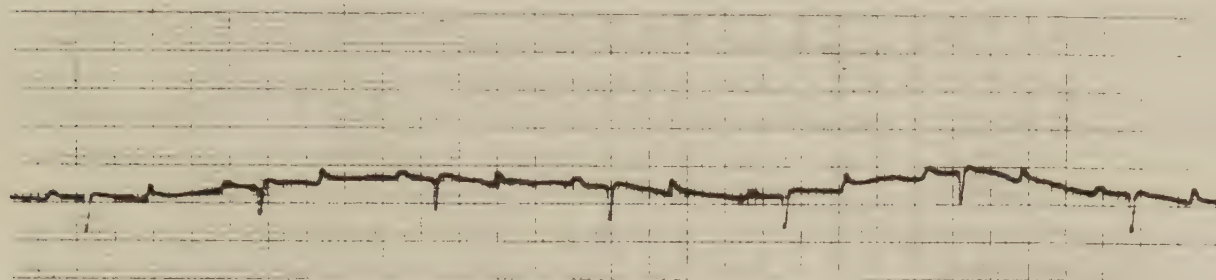
aV_R



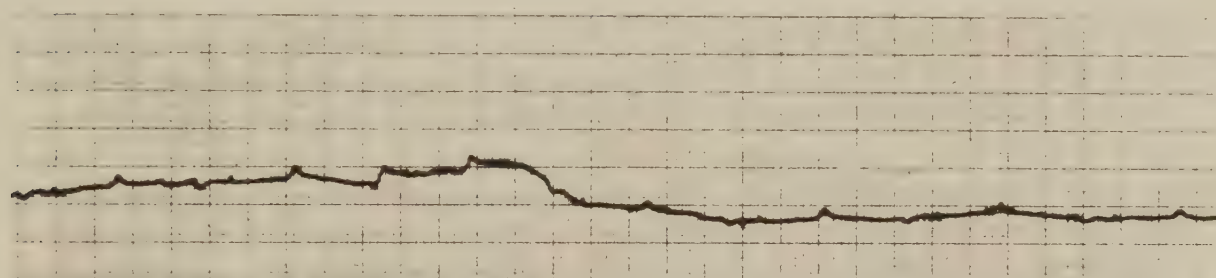
D₁



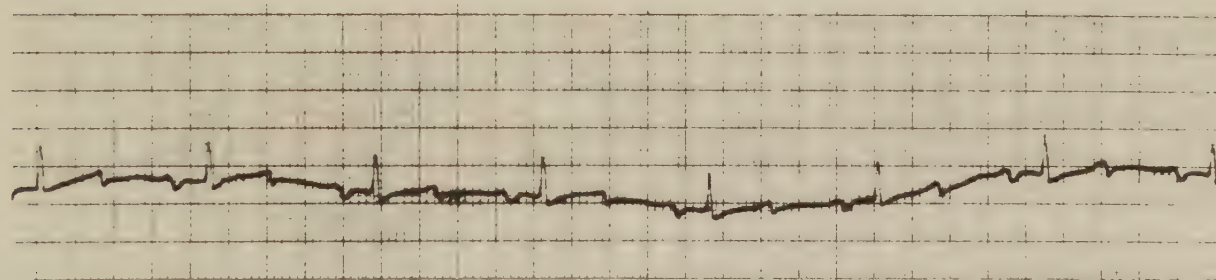
D₂



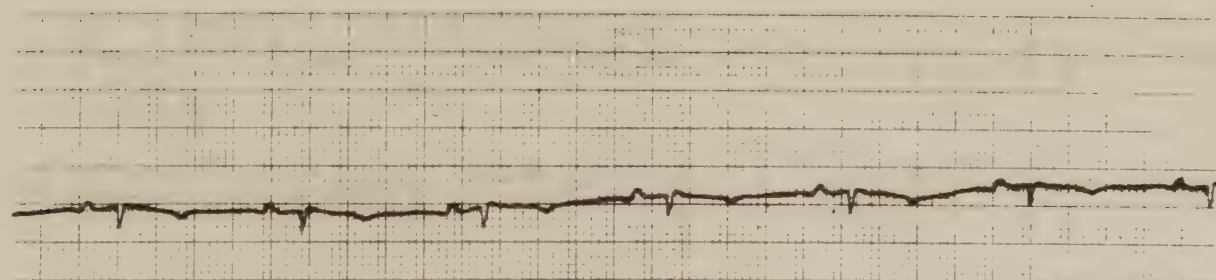
D₃



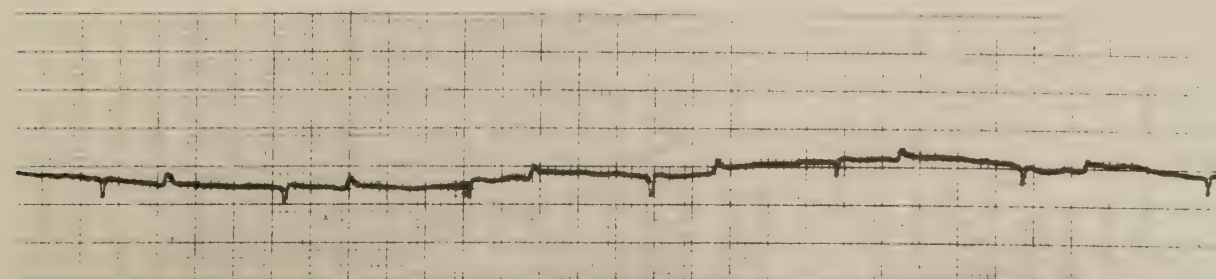
aV_R



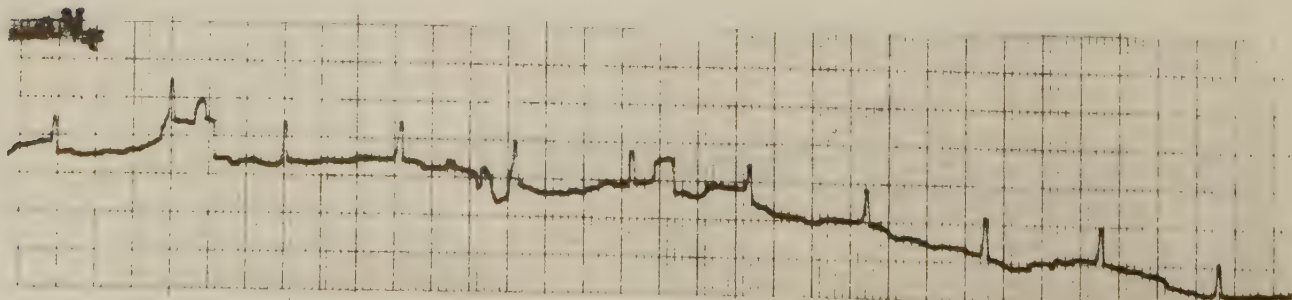
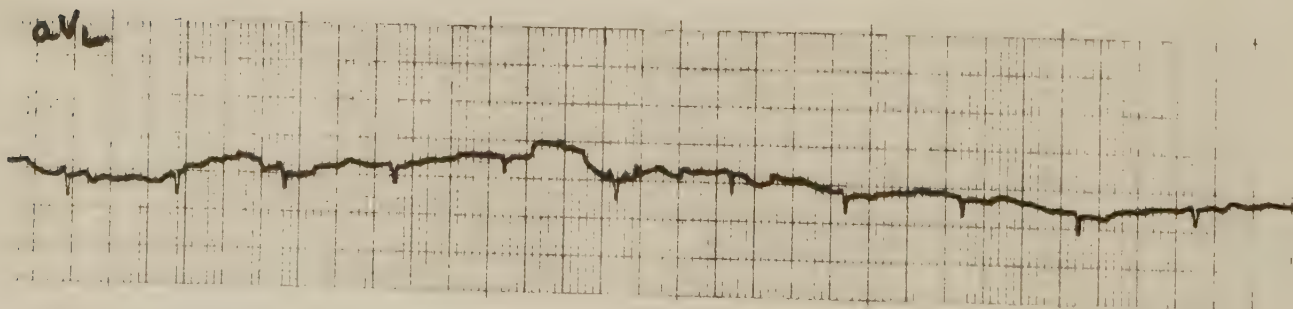
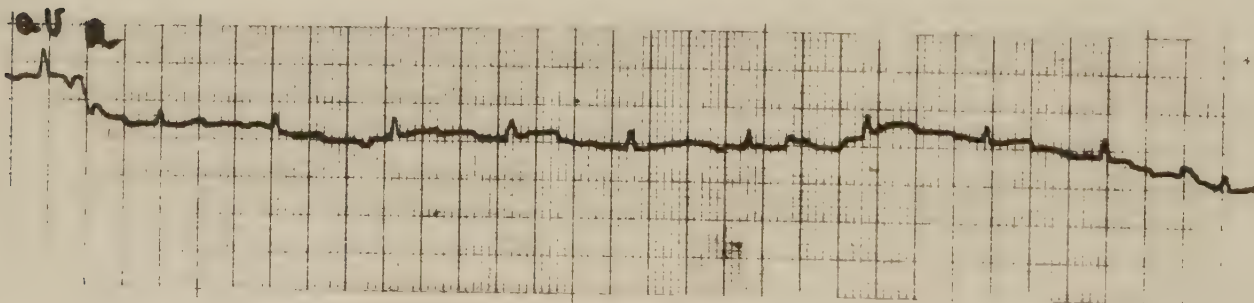
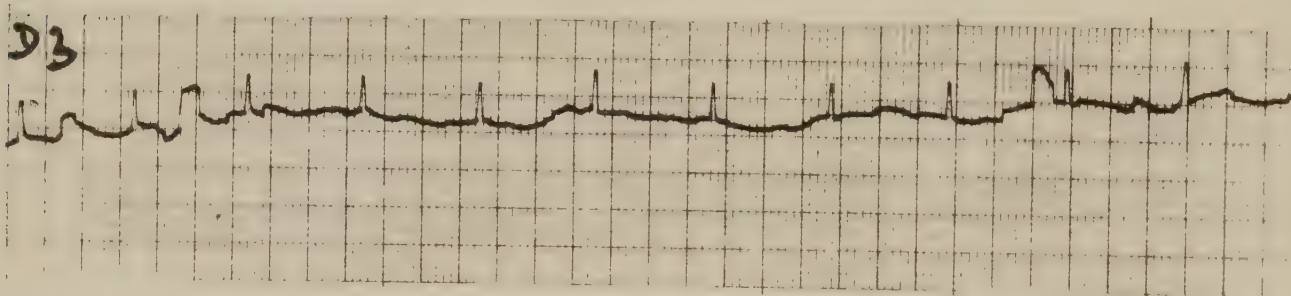
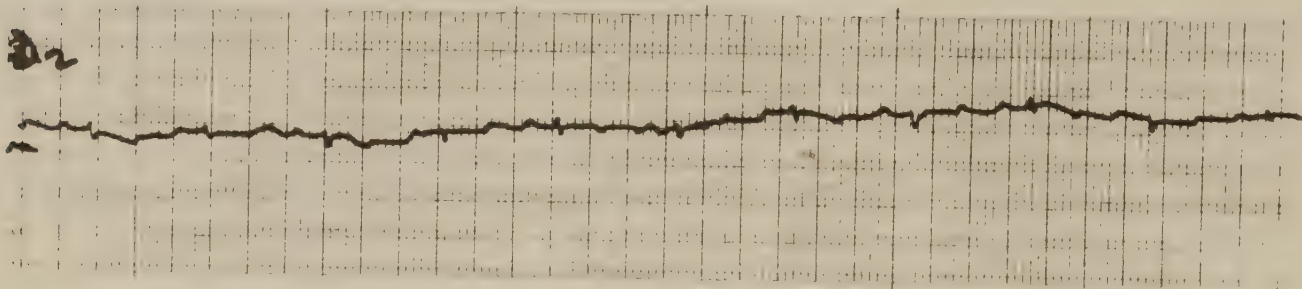
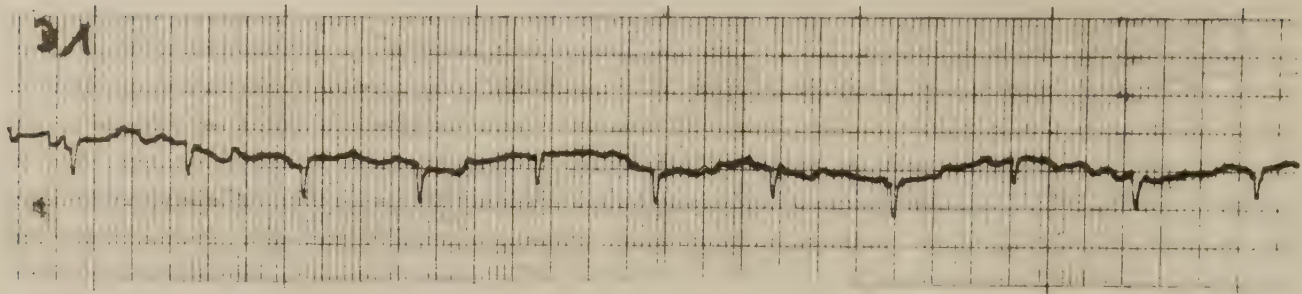
aV_L

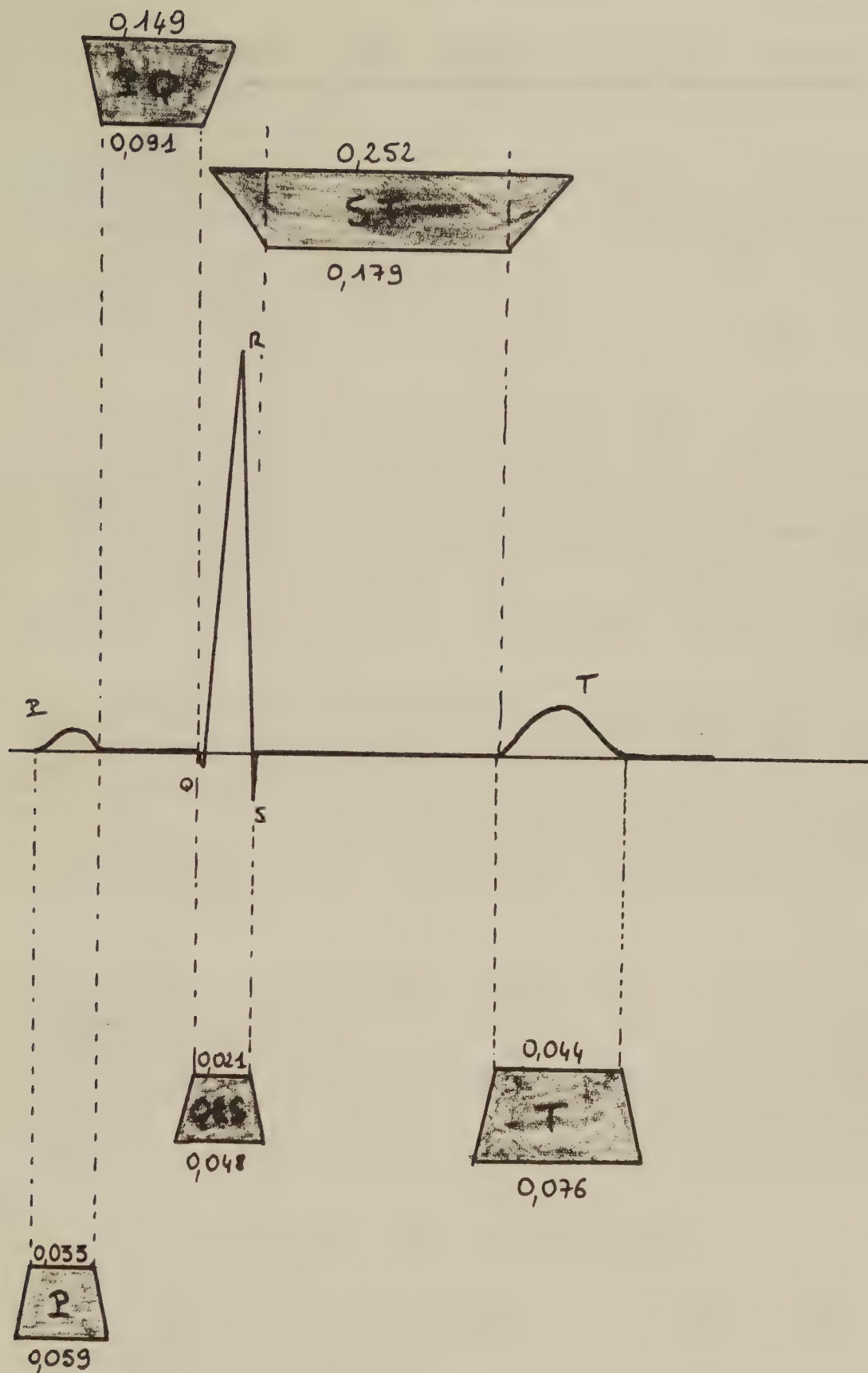


aV_F



EXEMPLE D' ELECTROCARDIOGRAMME NORMAL : VACHE 9 ans

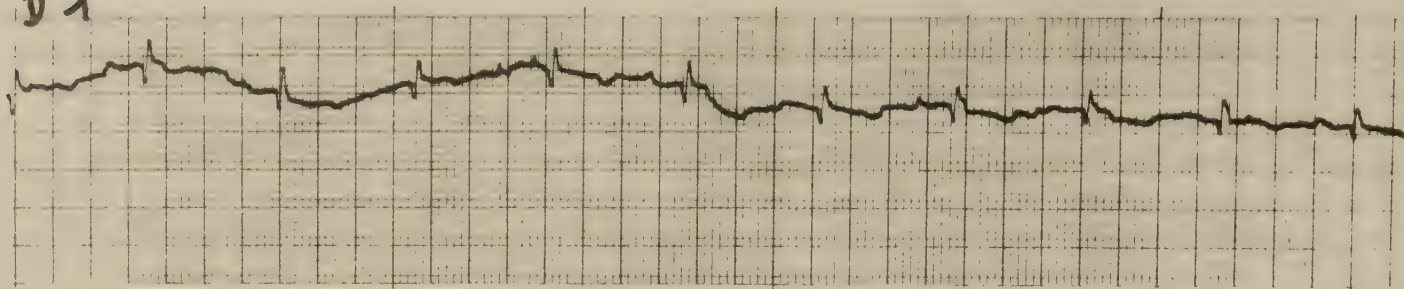




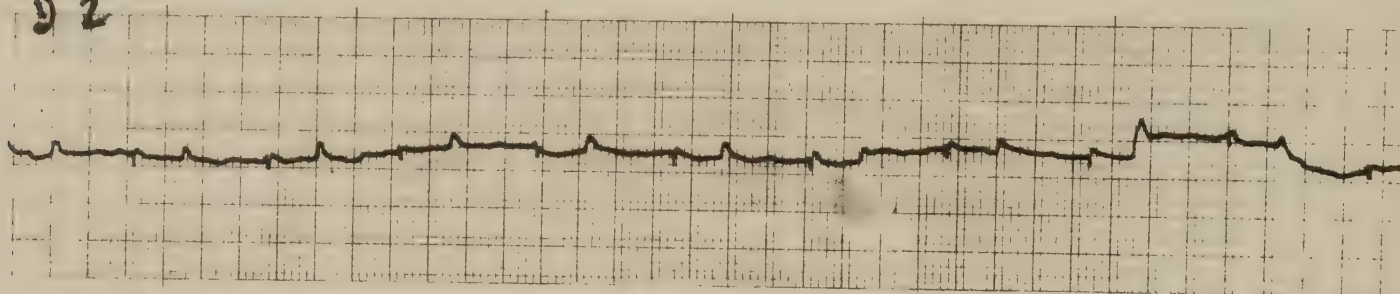
- Electrocardiogramme de la vache laitière
(valeurs extrêmes) -

EXEMPLE D' ELECTROCARDIOGRAMME NORMAL : TAUREAU 3 ans

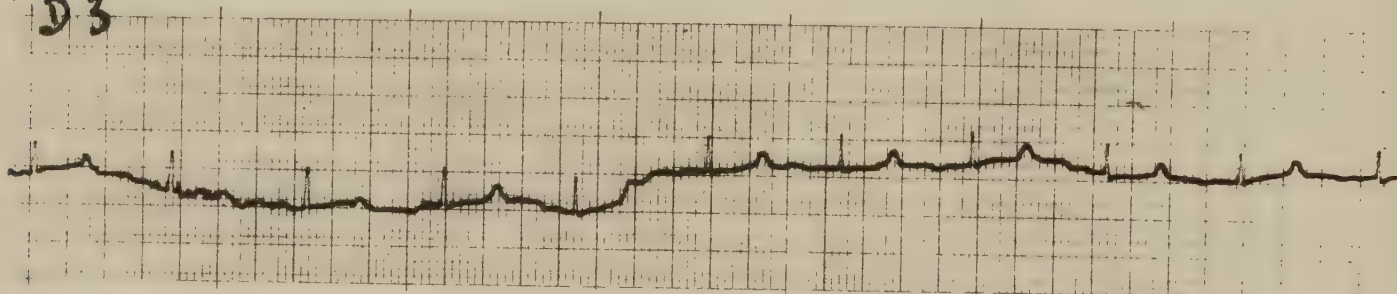
D1



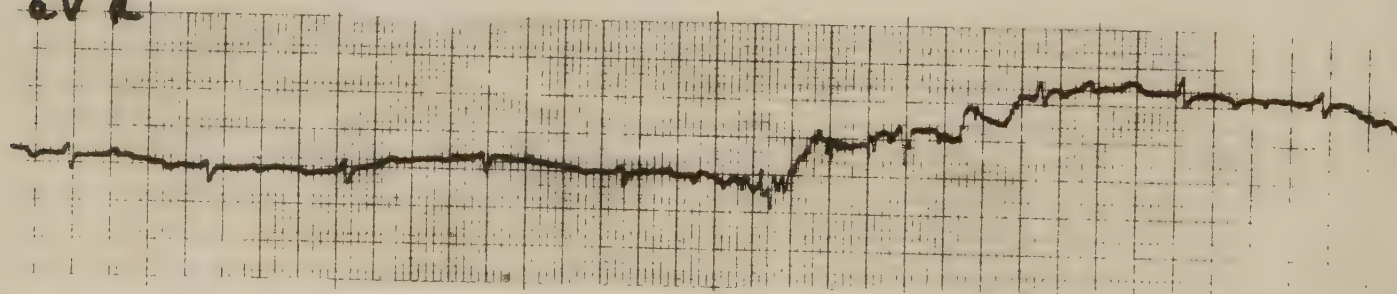
D2



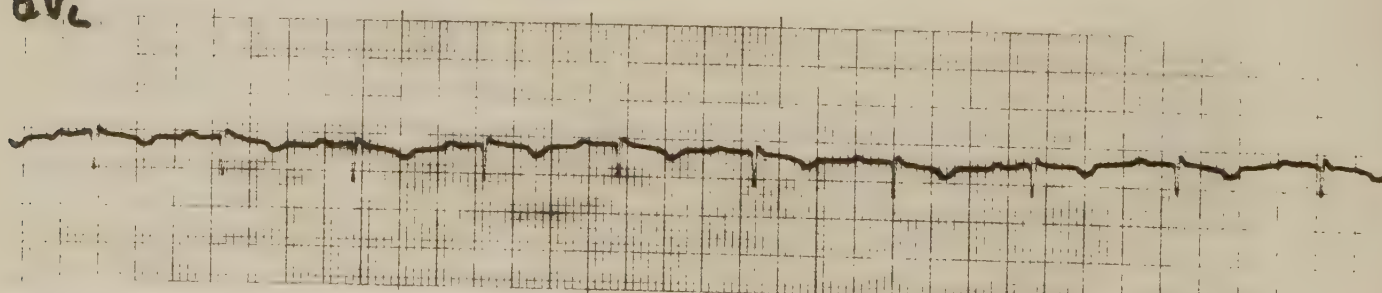
D3



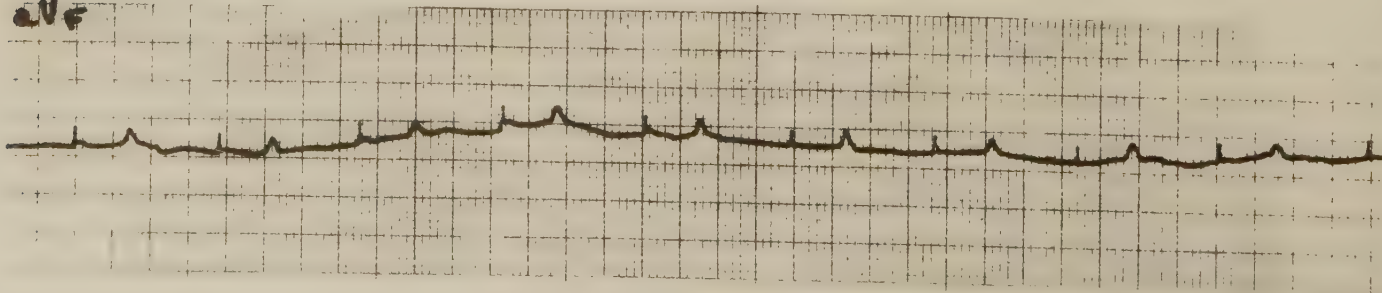
aVr



aVL



aVF



ÉTUDE DE QUELQUES ÉLECTROCARDIOGRAMMES PATHOLOGIQUES

=====

CONDITIONS EXPERIMENTALES

Avec l'aide de quelques vétérinaires praticiens de la région lyonnaise, nous avons pu recueillir en cinq mois environ une trentaine de cas pathologiques accompagnés de symptômes cardiaques.

Dès qu'un cas était dépisté, nous allions sur le terrain dans les 24 heures afin d'effectuer des tracés électrocardiographiques. L'appareil portatif Cardioline se révéla très maniable et d'emploi facile, quelles que soient les conditions : 15 minutes suffisent pour mettre l'appareil en place, le régler et effectuer les tracés dans les 6 dérivations.

Le dépistage des animaux malades était donc soumis aux aléas de la clientèle, et nous n'avons pu recueillir que des cas pathologiques très variés ; ainsi, une maladie à répercussion cardiaque ne sera parfois illustrée que par un ou deux exemples.

Pour plus de clarté, nous classerons les diverses cardiopathies rencontrées en plusieurs groupes :

1. Cas d'endocardites valvulaires.
2. Cas de cardiopathies accompagnant une hypocalcémie.
3. Cas de cardiopathies secondaires à des pneumopathies.
4. Cas divers (tétanos, maladie des muqueuses, cardiopathies congénitales, etc ...).

1. Cas d'endocardites valvulaires

Deux cas furent rencontrés au cours de la période d'expérimentation : l'un sur une vache Holstein appartenant à une grosse exploitation au nord de Lyon,

: l'autre sur une vache frisonne pie-noire amenée à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon.

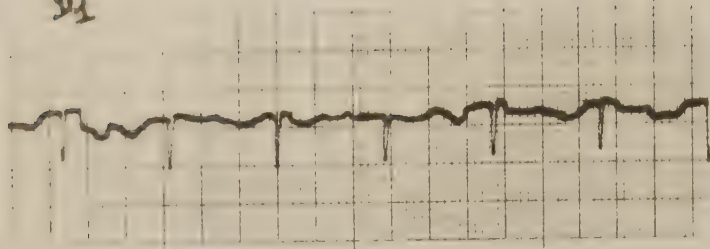
1) Examen clinique des deux animaux

Les deux vaches examinées présentaient des symptômes très semblables :

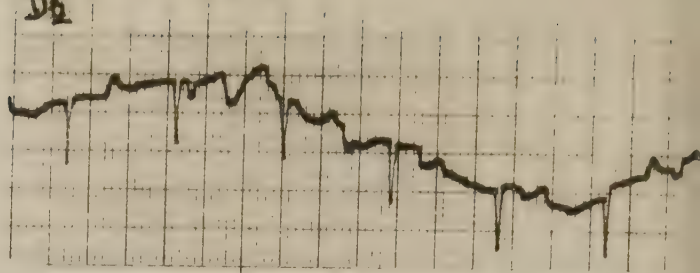
- température normale (38°5 et 38°3),
- tachycardie (96 et 108 battements par minute),
- veine jugulaire tendue à droite comme à gauche,
- état général se dégradant très lentement depuis plusieurs semaines.

.../...

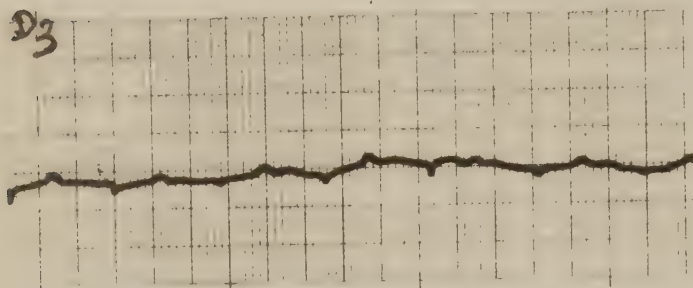
D₁



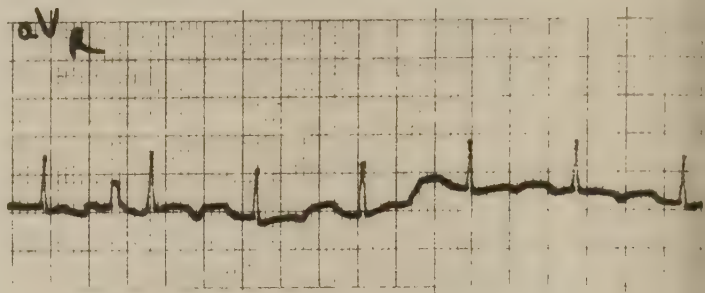
D₂



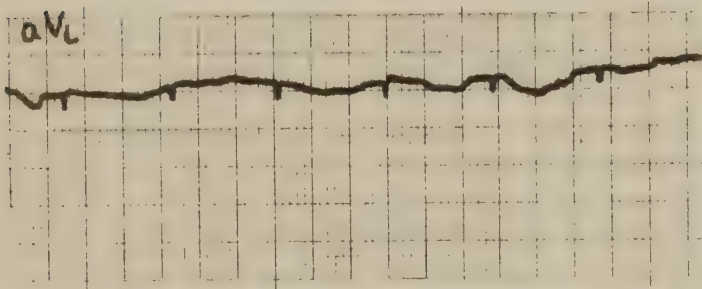
D₃



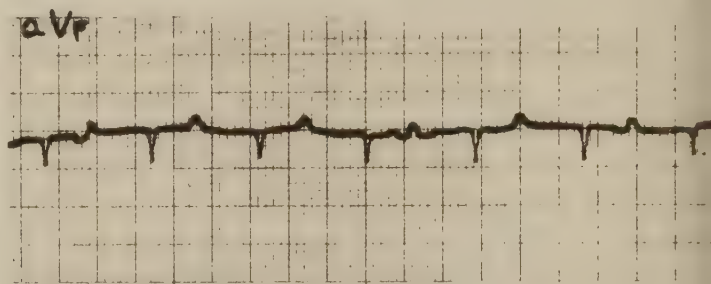
aV_R



aV_L



aV_F

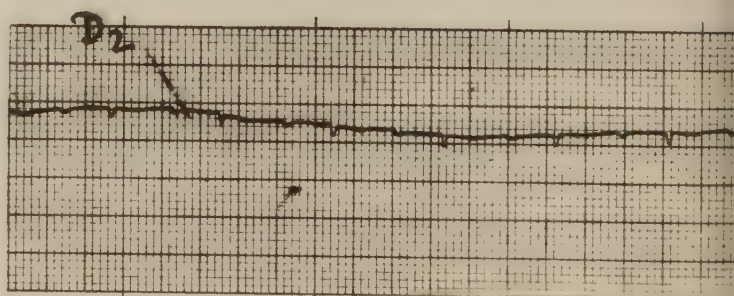


E C G de la vache opérée à l' ECOLE VETERINAIRE de LYON

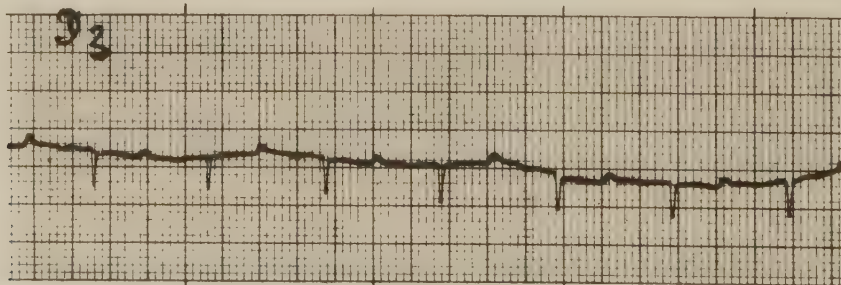
D₁



D₂



D₃



ECG de la vache abattue.

2) Diagnostic

Les signes cliniques donnés précédemment évoquent classiquement une péricardite traumatique.

Dans le premier cas, la vache fut abattue quelques jours plus tard, et l'examen à l'abattoir a révélé en fait une magnifique endocardite valvulaire proliférante droite, secondaire à un processus infectieux antérieur selon toute vraisemblance.

Dans l'autre cas, le Service de chirurgie de l'ENVL avait hospitalisé l'animal pour tenter l'exérèse chirurgicale du corps étranger. L'ouverture de la cavité thoracique ne révéla qu'une péricardite fibreuse. L'animal ayant succombé deux heures après l'intervention, l'autopsie révéla une endocardite valvulaire droite très semblable à celle du cas précédent.

3) Electrocardiogrammes

Dans les deux cas, des tracés électrocardiographiques avaient été effectués du vivant de l'animal.

Pour la vache abattue :

rythme sinusal régulier ; fréquence 96/minute ;

durée des ondes :	P = 0,06 sec	QRS = 0,04 sec
	T = 0,08 sec	PQ = 0,12 sec
	ST = 0,18 sec	TP = 0,10 sec

forme des ondes : rien de particulier.

Pour la vache opérée :

rythme sinusal régulier ; fréquence 108/minute ;

durée des ondes :	P = peu visible	QRS = 0,03 sec
	T = 0,08 sec	PQ = 0,12 sec
	ST = 0,16 sec	TP = 0,08 sec

forme et amplitude : normales.

4) Analyse des résultats :

On remarque donc une tachycardie qui est une tachycardie sinusale compensatrice de l'insuffisance cardiaque droite.

Par ailleurs, la durée et la forme des ondes et des intervalles ne présentent pas d'anomalies : l'excitabilité cardiaque et la conduction intracardiaque ne sont donc pas déficientes. Ceci paraît logique : les lésions observées sont uniquement valvulaires, elles n'atteignent pas le myocarde proprement dit.

Conclusion :

L'intérêt de ces deux cas tient au fait que l'examen électrocardiographique a été complété par l'examen nécropsique du cœur.

2. Perturbations du fonctionnement cardiaque accompagnant une hypocalcémie

=====

Dans un premier temps, nous rappellerons les connaissances actuelles des anomalies électrocardiographiques accompagnant quelques déséquilibres métaboliques.

Dans la deuxième partie, nous exposerons les résultats de notre expérimentation personnelle.

A - Anomalies métaboliques de l'onde T et du segment ST

Pour bien comprendre les résultats électrocardiographiques obtenus sur les vaches laitières en état d'hypocalcémie, il nous est nécessaire d'envisager les troubles de la calcémie et de la kaliémie, qui sont en relation quant à leurs répercussions électrocardiographiques.

Ces rappels généraux seront surtout basés sur les nombreuses études effectuées chez l'homme.

1) Troubles de la kaliémie

Le potassium est le principal cation intercellulaire. Il prend directement part au métabolisme de la cellule. Dans le myocarde, en particulier, les processus de transmission des excitations sont liés à des échanges de potassium entre les liquides intracellulaires et extracellulaires.

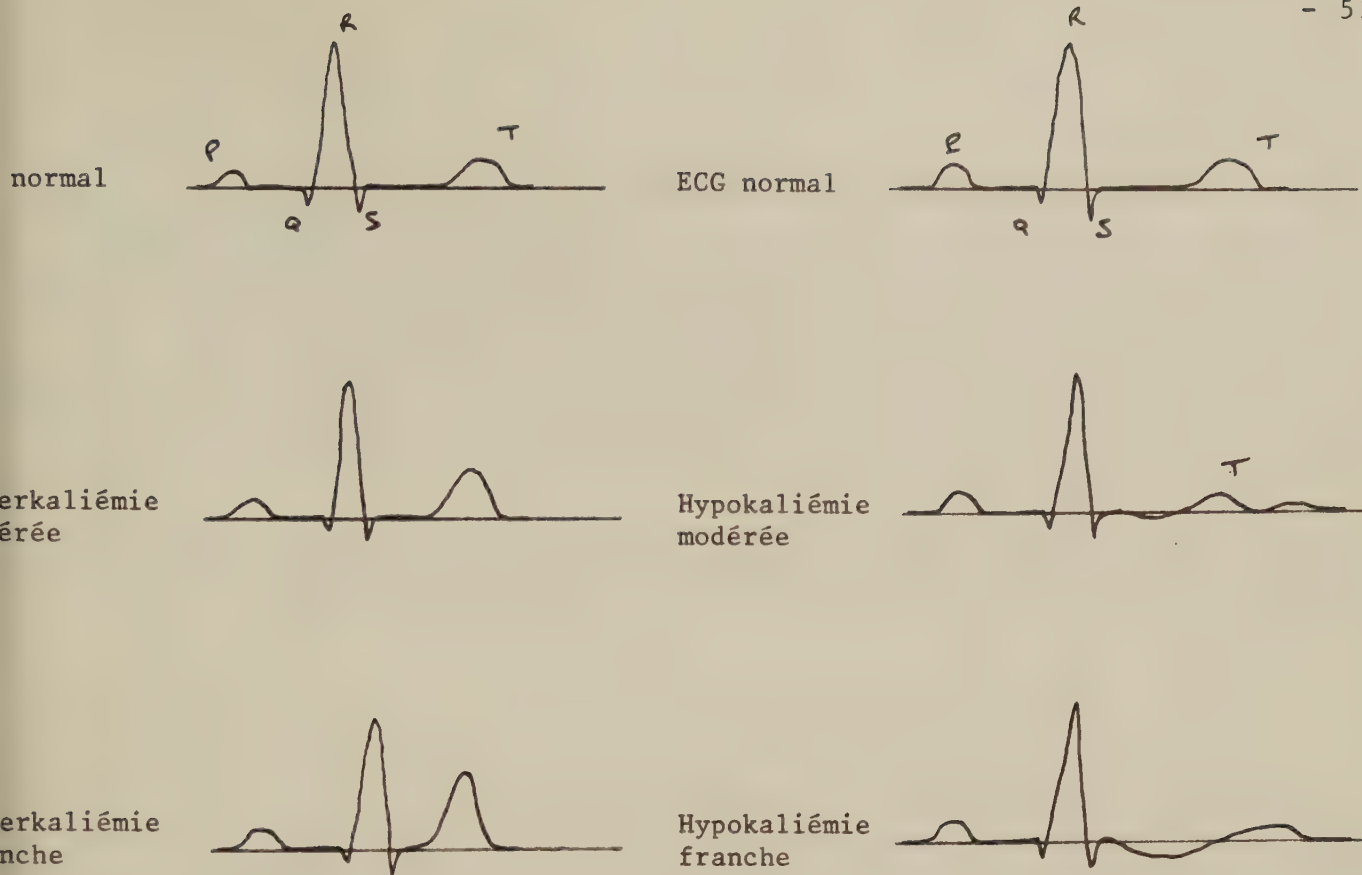
L'hypokaliémie entraîne des manifestations neuro-musculaires qui se limitent, dans la presque totalité des cas, à une atteinte myocardique décelable par l'électrocardiogramme. Le segment ST s'affaisse progressivement, l'onde T diminue d'amplitude, devient isoélectrique ou diphasique, puis négative.

La rétention de potassium avec hyperkaliémie provoque des troubles myocardiques dont les premiers et principaux signes sont électrocardiographiques. Ils intéressent les ondes T qui deviennent amples, symétriques, relativement étroites et pointues.

L'amplitude des ondes P et R peut décroître, le segment PR s'allonge et la durée de QRS augmente.

On peut en outre observer des troubles du rythme et de la conduction cardiaque : arythmies, bradycardie sinusale, bloc auriculo-ventriculaire, extrasystole.

.../...



- Représentation schématique des principales anomalies électrocardiographiques en rapport avec les variations de la kaliémie -

Chez l'animal, les anomalies hyperkaliémiques de l'onde T ont été étudiées par Merklen, Berthaux et Forman (30). Leurs études ont porté sur le chien, le chat, le lapin, le cobaye et le rat.

Selon eux, il existe une grande diversité dans les effets de l'hyperkaliémie sur l'onde T. L'augmentation d'amplitude de l'onde T a été nette chez le lapin et le chien ; mais par contre, chez le chat, le cobaye et le rat, ils n'ont souvent pu mettre en évidence aucune augmentation de T, et quelquefois même un aplatissement ou une négativation de cette onde.

Par contre, ils ont retrouvé beaucoup plus régulièrement un ralentissement du rythme sinusal et une tendance à l'élargissement du complexe QRS entraînant secondairement une possibilité d'apparition d'un bloc auriculoventriculaire.

2) Troubles de la calcémie

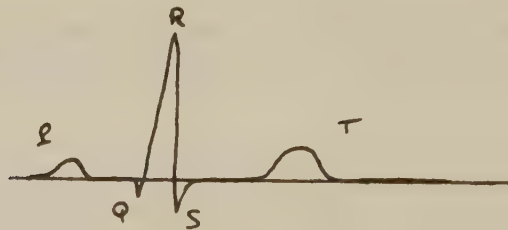
La teneur en calcium du plasma et des liquides interstitiels est minime par rapport à la masse calcique que contient le système osseux, mais tout déséquilibre calcique du plasma entraîne des perturbations immédiates dans les processus physiologiques essentiels, neuromusculaires avant tout ; ce sont ces perturbations qui nous intéressent, et tout particulièrement celles qui atteignent la contraction musculaire myocardique, car elles seront décelables sur l'électrocardiogramme.

L'hypocalcémie entraîne une augmentation de durée du segment ST qui demeure isoélectrique ; selon certains auteurs, l'onde T ne subit pas de modification.

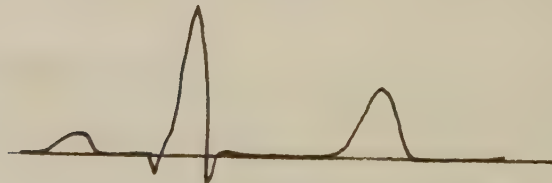
Pour Fatorusso (14), l'onde T devient petite et assez pointue ; enfin Merklen, Berthaux et Forman (30) relèvent chez certains animaux une onde T pointue et symétrique qui a un aspect très analogue à celle de l'hyperkaliémie ; aussi, ils approfondissent leurs recherches sur l'antagonisme très net qui existe entre l'action du calcium et du potassium : ils concluent qu'il existe une analogie entre les modifications électrocardiographiques provoquées par l'hypocalcémie et celles provoquées par l'hyperkaliémie. La surcharge en calcium ramène l'onde T à la normale dans la plupart des cas cités.

L'hypercalcémie, elle, peut entraîner si elle est importante un arrêt cardiaque très rapide. Sur l'électrocardiogramme on observe un raccourcissement du segment ST qui, à l'extrême, peut disparaître.

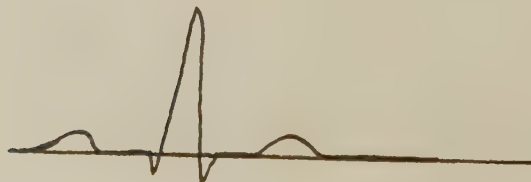
ECG normal



Hypocalcémie



Hypercalcémie



3) Troubles de la magnésiémie

Pour être complet, on peut indiquer les modifications électrocardiographiques qui ont été relevées par certains auteurs lors de troubles de la magnésiémie ; en fait, l'élévation ou l'abaissement du taux de magnésium dans le sang n'est jamais un phénomène isolé ; le calcium, qui exerce des actions neuromusculaires comparables à celles du magnésium, voit toujours sa teneur plasmatique modifiée lorsque la magnésiémie varie.

Le plus souvent, on peut même observer corrélativement des modifications de la calcémie, de la kaliémie et de la magnésiémie, ce qui rend très difficile l'interprétation électrocardiographique.

4) Conclusion

Chez les animaux domestiques, les anomalies métaboliques de l'électrocardiogramme n'ont été que peu étudiées et les résultats obtenus sont assez décevants, puisque non constants comme ils le sont chez l'homme.

Néanmoins, on a pu remarquer dans cette brève étude que l'onde T et le segment ST sont les révélateurs électrocardiographiques des troubles de la kaliémie et de la calcémie.

B - Expérimentation personnelle

1) Recherche des animaux

Notre recherche sur le terrain nous a permis de trouver 7 vaches laitières atteintes de désordres métaboliques flagrants.

Cinq d'entre elles présentaient les symptômes classiques de la parésie vitulaire hypocalcémique survenant quelques heures après l'accouchement.

La sixième présentait des symptômes beaucoup moins classiques d'apathie, de maigreur et d'atonie digestive. Il fut difficile de conclure à un désordre métabolique de type hypocalcémie chronique. L'animal semblait être, de toute façon, vagotonique.

La dernière présentait une tétanie accompagnée de convulsions et faisant suite de quelques jours à une fièvre vitulaire.

Dans chaque cas, l'animal subit un traitement calcique. Des tracés électrocardiographiques furent pris avant, pendant et après le traitement.

.../...

2) Troubles de la calcémie

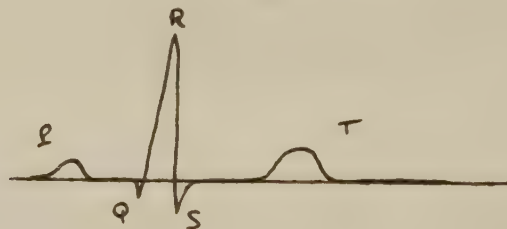
La teneur en calcium du plasma et des liquides interstitiels est minime par rapport à la masse calcique que contient le système osseux, mais tout déséquilibre calcique du plasma entraîne des perturbations immédiates dans les processus physiologiques essentiels, neuromusculaires avant tout ; ce sont ces perturbations qui nous intéressent, et tout particulièrement celles qui atteignent la contraction musculaire myocardique, car elles seront décelables sur l'électrocardiogramme.

L'hypocalcémie entraîne une augmentation de durée du segment ST qui demeure isoélectrique ; selon certains auteurs, l'onde T ne subit pas de modification.

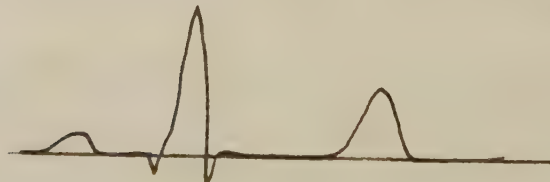
Pour Fatorusso (14), l'onde T devient petite et assez pointue ; enfin Merklen, Berthaux et Forman (30) relèvent chez certains animaux une onde T pointue et symétrique qui a un aspect très analogue à celle de l'hyperkaliémie ; aussi, ils approfondissent leurs recherches sur l'antagonisme très net qui existe entre l'action du calcium et du potassium : ils concluent qu'il existe une analogie entre les modifications électrocardiographiques provoquées par l'hypocalcémie et celles provoquées par l'hyperkaliémie. La surcharge en calcium ramène l'onde T à la normale dans la plupart des cas cités.

L'hypercalcémie, elle, peut entraîner si elle est importante un arrêt cardiaque très rapide. Sur l'électrocardiogramme on observe un raccourcissement du segment ST qui, à l'extrême, peut disparaître.

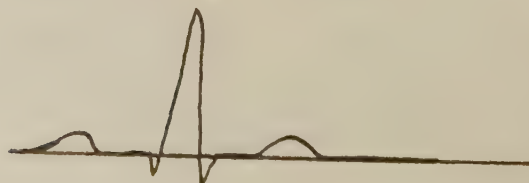
ECG normal



Hypocalcémie



Hypercalcémie



3) Troubles de la magnésiémie

Pour être complet, on peut indiquer les modifications électrocardiographiques qui ont été relevées par certains auteurs lors de troubles de la magnésiémie ; en fait, l'élévation ou l'abaissement du taux de magnésium dans le sang n'est jamais un phénomène isolé ; le calcium, qui exerce des actions neuromusculaires comparables à celles du magnésium, voit toujours sa teneur plasmatique modifiée lorsque la magnésiémie varie.

Le plus souvent, on peut même observer corrélativement des modifications de la calcémie, de la kaliémie et de la magnésiémie, ce qui rend très difficile l'interprétation électrocardiographique.

4) Conclusion

Chez les animaux domestiques, les anomalies métaboliques de l'électrocardiogramme n'ont été que peu étudiées et les résultats obtenus sont assez décevants, puisque non constants comme ils le sont chez l'homme.

Néanmoins, on a pu remarquer dans cette brève étude que l'onde T et le segment ST sont les révélateurs électrocardiographiques des troubles de la kaliémie et de la calcémie.

B - Expérimentation personnelle

1) Recherche des animaux

Notre recherche sur le terrain nous a permis de trouver 7 vaches laitières atteintes de désordres métaboliques flagrants.

Cinq d'entre elles présentaient les symptômes classiques de la parésie vitulaire hypocalcémique survenant quelques heures après l'accouchement.

La sixième présentait des symptômes beaucoup moins classiques d'apathie, de maigreur et d'atonie digestive. Il fut difficile de conclure à un désordre métabolique de type hypocalcémie chronique. L'animal semblait être, de toute façon, vagotonique.

La dernière présentait une tétanie accompagnée de convulsions et faisant suite de quelques jours à une fièvre vitulaire.

Dans chaque cas, l'animal subit un traitement calcique. Des tracés électrocardiographiques furent pris avant, pendant et après le traitement.

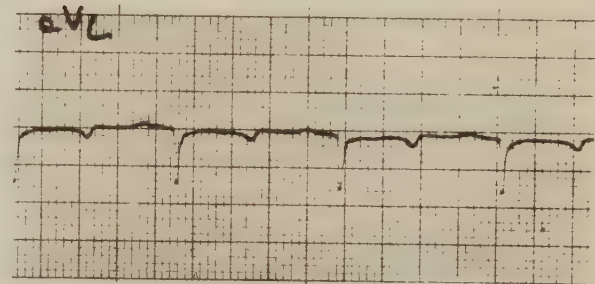
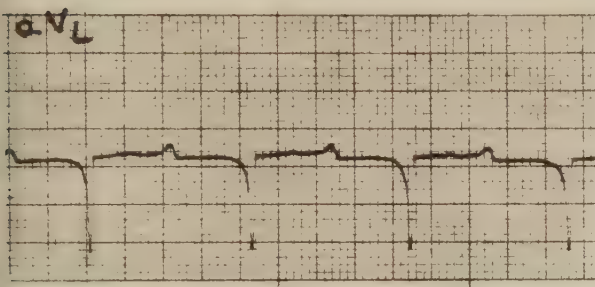
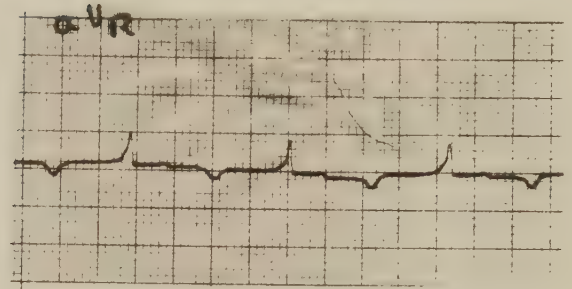
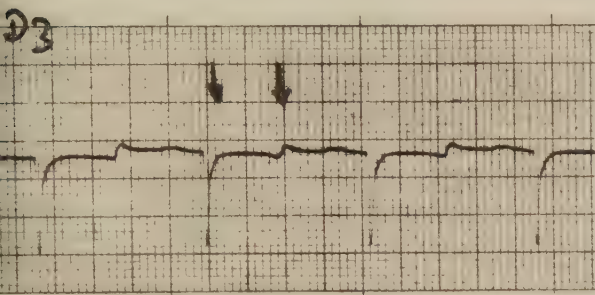
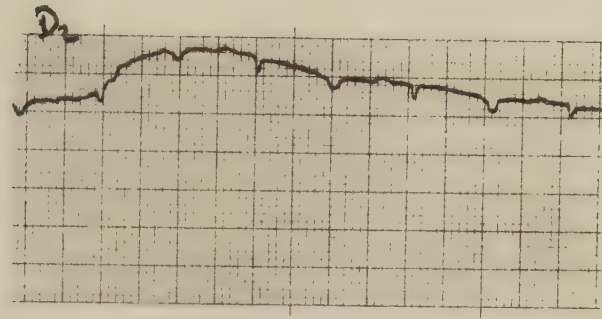
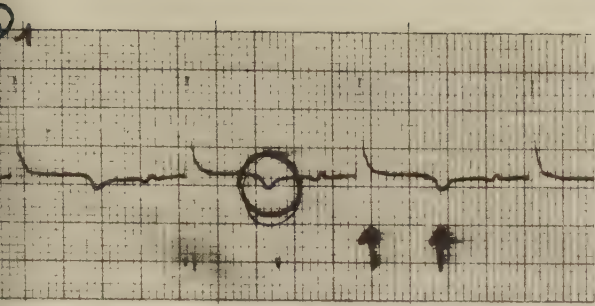
../..

2) Tracés électrocardiographiques avant tout traitement

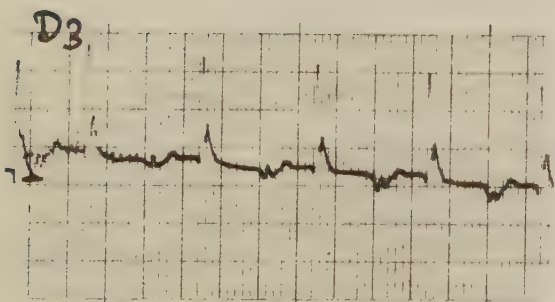
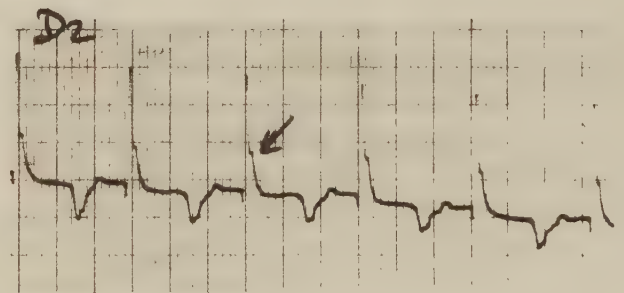
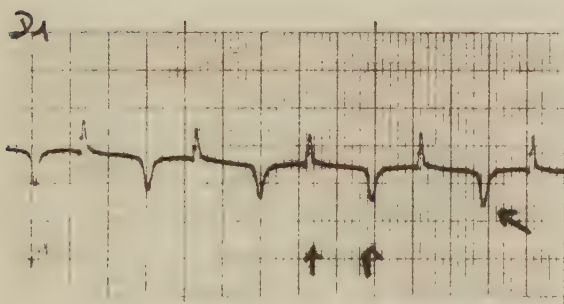
Les vaches n° 1, 2, 3, 4, 5 étaient atteintes d'une hypocalcémie classique.

La vache n° 6 est la vagotonique et la n° 7 celle atteinte de convulsions une semaine après un accès vitulaire classique.

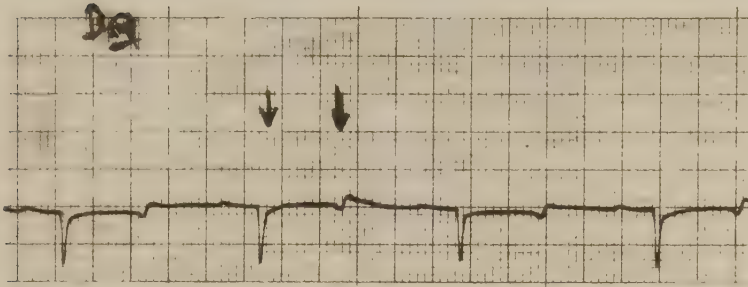
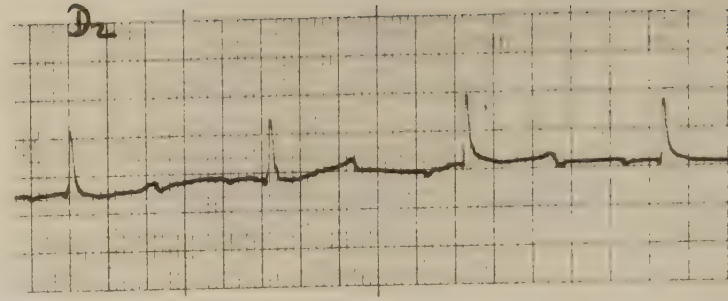
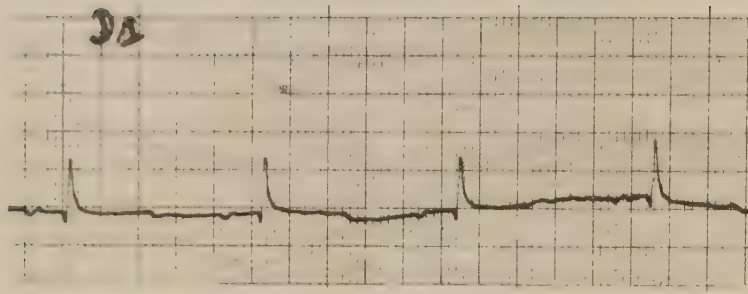
Vaches :		n° 1	n° 2	n° 3	n° 4	n° 5	n° 6	n° 7
Fréquence		66	95	80	100	60	44 + arythmie respirat.	170
Durées (en secondes)	P	0,03	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04	-
	QRS	0,08	0,03	0,04	0,08	0,06	0,03	0,06
	T	0,06	0,06	0,08	0,08	0,06	0,06	0,04
	PQ	0,14	0,12	0,10	0,10	0,12	0,08	-
	ST	0,32	0,16	0,26	0,24	0,36	0,36	0,08
	TP	0,20	0,10	0,20	0,04	0,32	0,60	-
Amplitudes		QRS grande (= 1,2 mV) T petite (= 0,15 mV)	petites	T grande	QRS grande T grande	T très petite	faibles	QRS et T très grandes
Formes		RAS	RAS	T ample, symétrique et pointue	T ample et pointue en D1 T dipha- sique en D2 et D3 QRS : dé- crochement	T dipha- sique	normales RAS	T très pointue



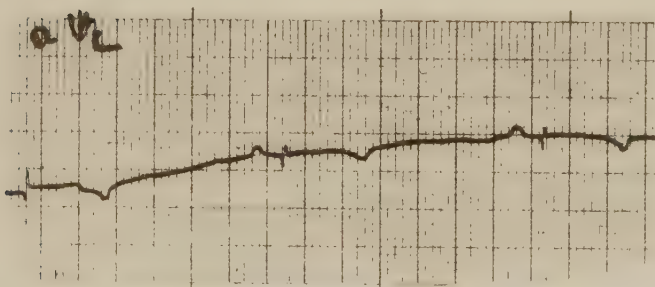
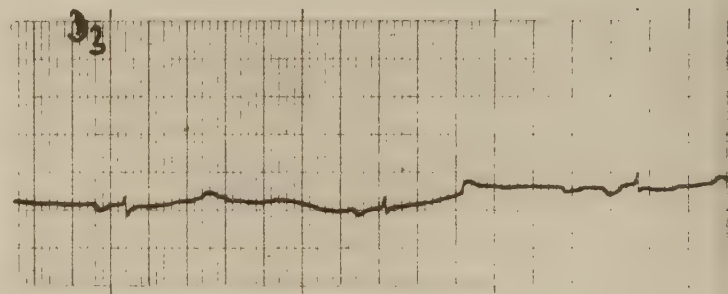
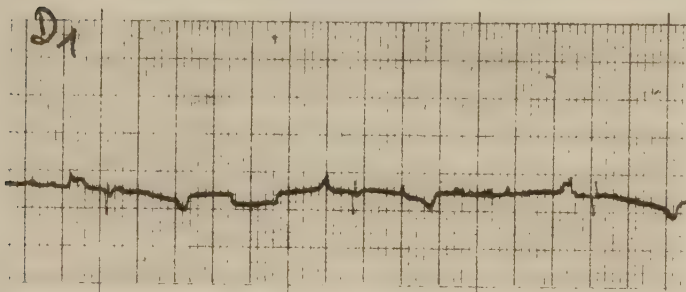
VACHE N° 1



VACHE N° 4

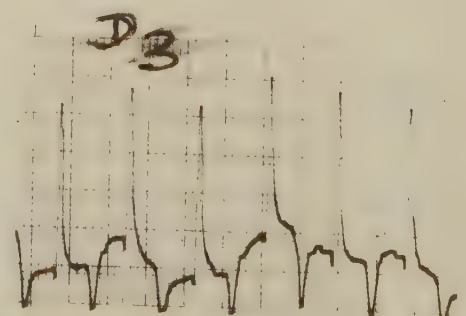
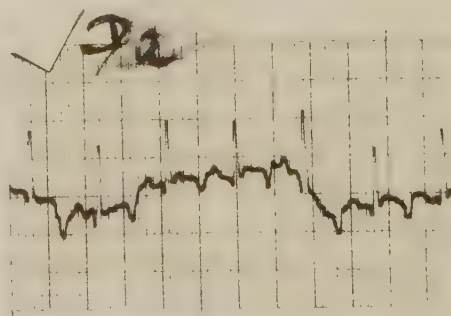
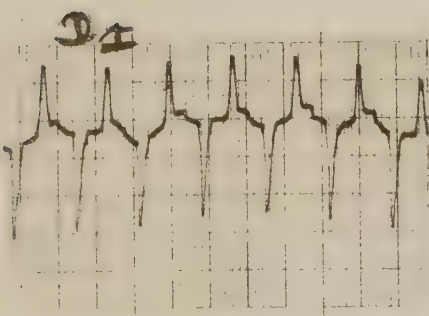


VACHE N°5



VACHE N° 6

(bradycardie énorme)



VACHE N° 7 (tachycardie énorme)

AUTRES EXEMPLES

Interprétation des résultats

Les valeurs de rythme, de durée des ondes et des intervalles PQ et TP sont conformes aux valeurs extrêmes obtenues chez la vache normale.

Par contre, l'onde T - et surtout l'intervalle ST - présentent des anomalies : la durée de ST est très longue (le plus souvent supérieure à 0,20 sec.) ; la forme et l'amplitude de l'onde T sont très variables suivant les individus : aussi souvent petite que grande et pointue.

Ceci concorde pleinement avec les résultats obtenus par les auteurs précités.

3) Effets des traitements calciques sur l'électrocardiogramme

L'évolution des modifications électrocardiographiques a été étudiée tout au long de l'injection et quelques minutes après.

Deux types de soluté furent utilisés :

- dans les cas n° 1, n° 2, n° 4 et n° 5, le soluté était du Milvinal (ND), dont la formule est la suivante :

Glucoheptonate de calcium	12 g	} QS : 100 ml en flacons de 250 ml
Gluconate de calcium	6,8 g	
Chlorure de calcium	4 g	
Gluconate de magnésium	4 g	
Chlorure de magnésium	2,6 g	
Glycérophosphate de sodium	1,12 g	
Acétylméthionine	2 g	
Chlorhydrate d'heptaminol	0,5 g	

- les cas n° 3, n° 6 et n° 7 furent traités avec un autre soluté, l'Imocalcium (ND), dont la formule est la suivante :

Glucono-gluco-heptonate de calcium	45 g	} 250 ml
Glucono-gluco-heptonate de magnésium	7 g	
Acétyl de méthionine	2 g	
Chlorure de choline	1 g	
Chlorhydrate d'éphédrine	0,10 g	
Soluté tamponné q.s.q.		

../..

Les principales modifications sont les suivantes :

- avec le Milvinal

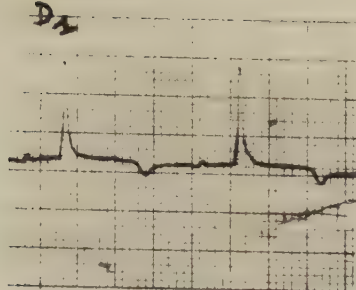
- = le rythme cardiaque diminue,
- = la durée du segment ST diminue jusqu'à disparition presque complète,
- = l'amplitude de l'onde T augmente,
- = l'onde T devient pointue et symétrique,
- = des extrasystoles ventriculaires décalantes apparaissent dans les toutes premières minutes qui suivent l'injection, parfois même avant la fin de l'injection ; ces extrasystoles disparaissent au bout d'un moment, en général 10 à 15 minutes après la fin de l'injection.

- avec l'Imocalcium

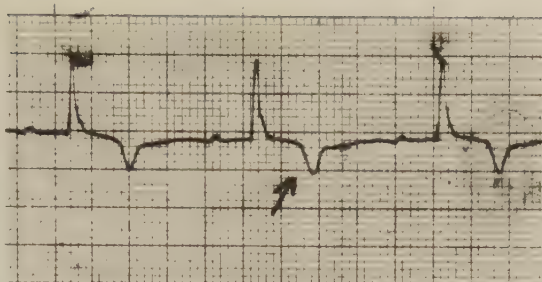
- = le rythme cardiaque ne subit pas de grosses modifications,
- = la durée du segment ST diminue jusqu'à pratiquement inexister,
- = l'amplitude de l'onde T diminue,
- = l'onde T devient plus plate et plus ronde.

Quelques exemples illustreront ces résultats :

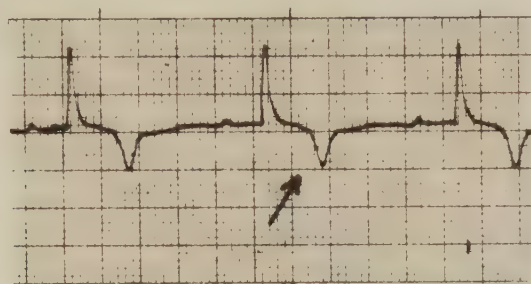
../..



Avant l'injection



Après 1/2 flacon



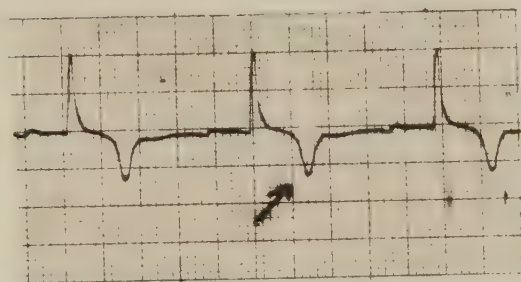
Après 3/4 de flacon

VACHE N° 1

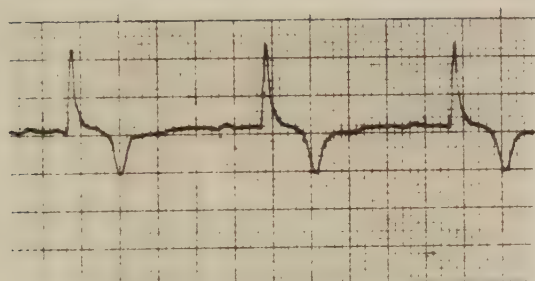
rythme diminue

ST diminue

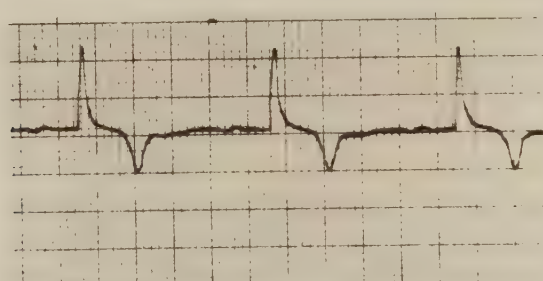
T augmente



Après 1 flacon



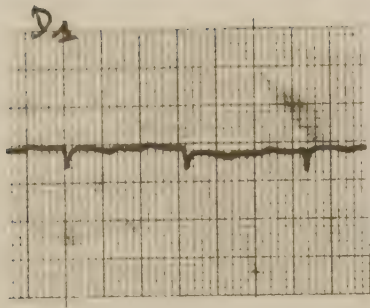
5 minutes après l'injection



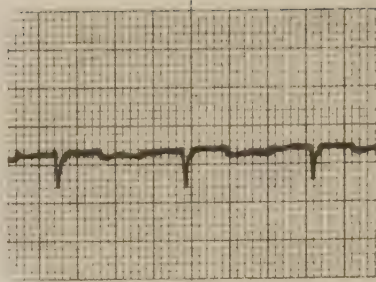
10 minutes après l'injection

EFFETS DU TRAITEMENT CALCIQUE (Milvinal ND)

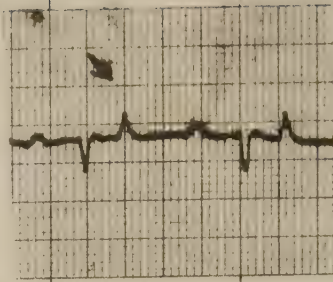
SUR L'ECG



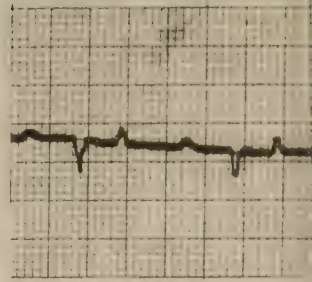
Avant
l'injection



1/2 flacon

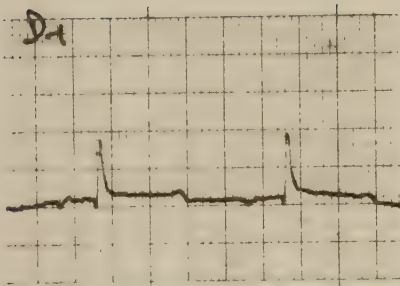


1 flacon

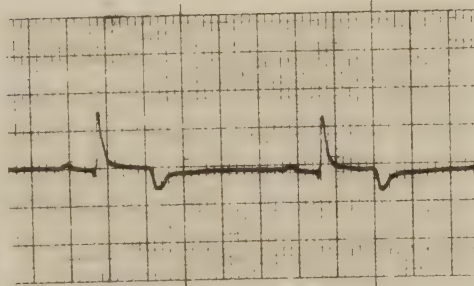


5 minutes après

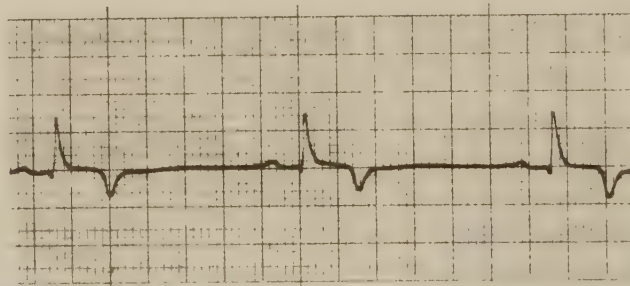
VACHE N° 2



Avant
l'injection



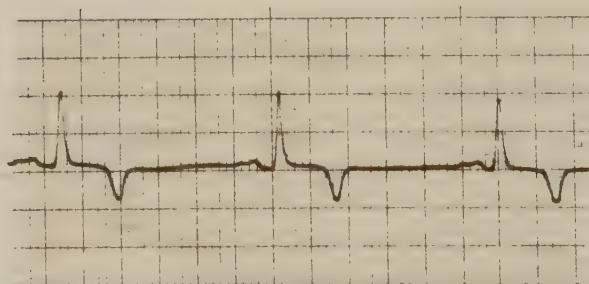
Après 1/2 FLACON



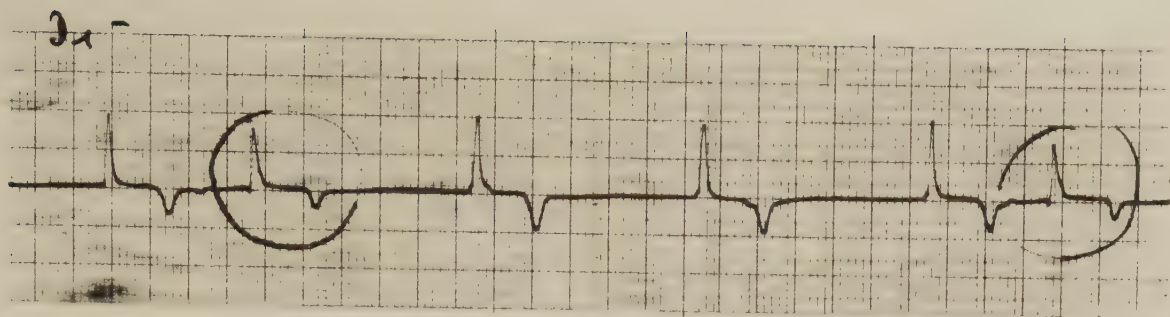
Après 1 flacon

VACHE N° 5

rythme diminue
ST diminue
T augmente

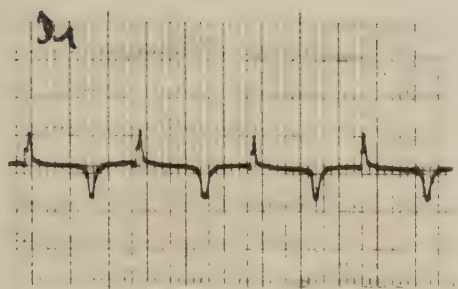


1 minute après
l'injection

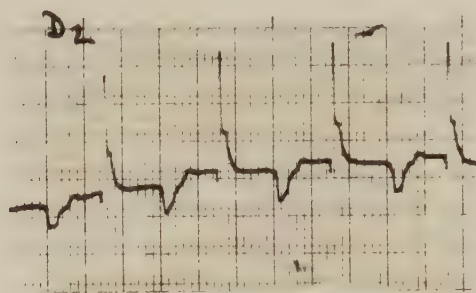


VACHE N° 5

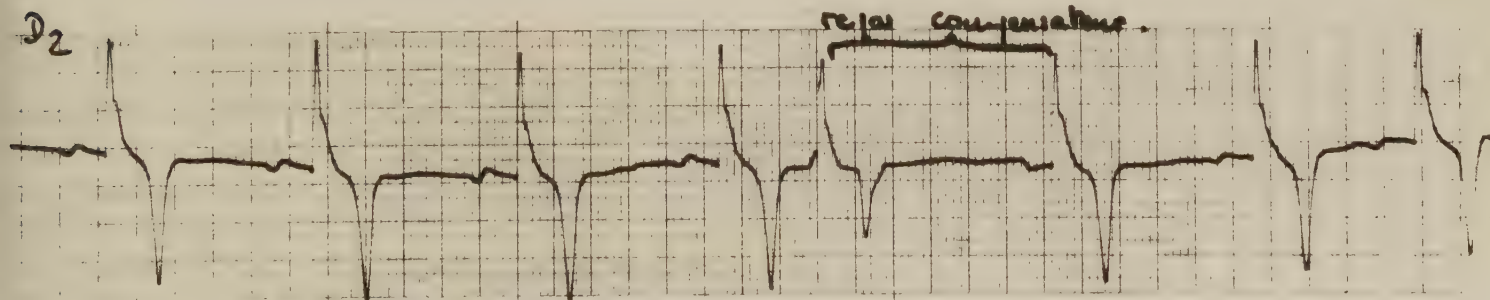
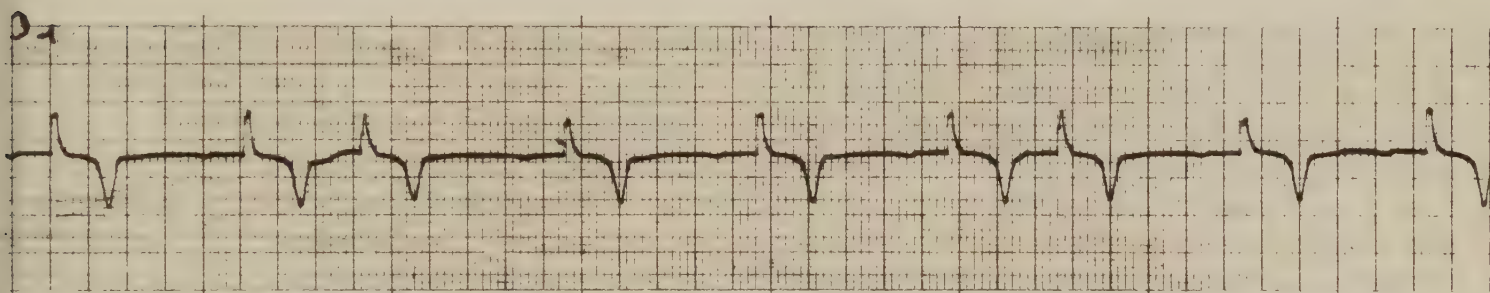
5 minutes après l'injection : apparition d'extrasystoles décalantes



Avant l'injection



Avant l'injection



3 minutes après l'injection : ST très court, T très pointue, extrasystoles ventriculaires décalantes

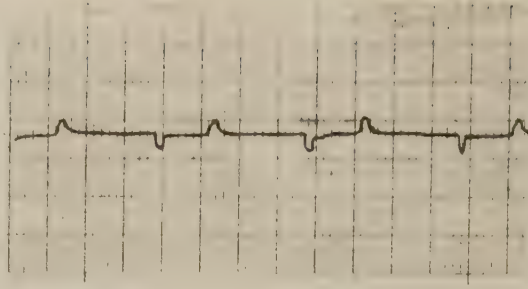
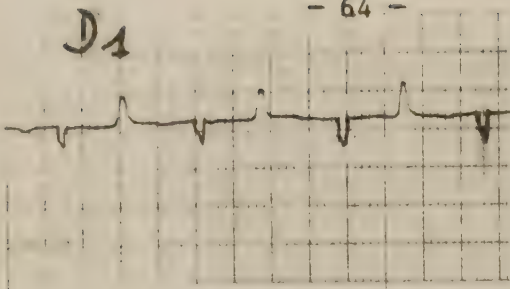
VACHE N° 4

APPARITION D'EXTRASYSTOLES APRES

TRAITEMENT CALCIQUE

D₁

- 64 -

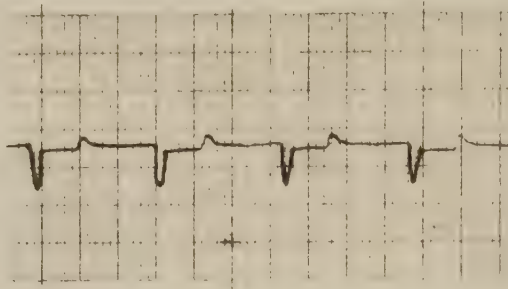


Après 1/2 flacon

Avant
l'injection

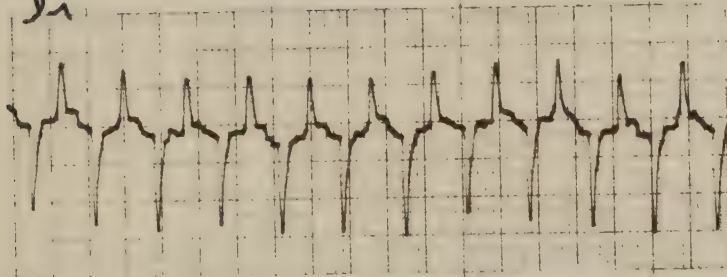
VACHE N° 3

ST diminue
T diminue



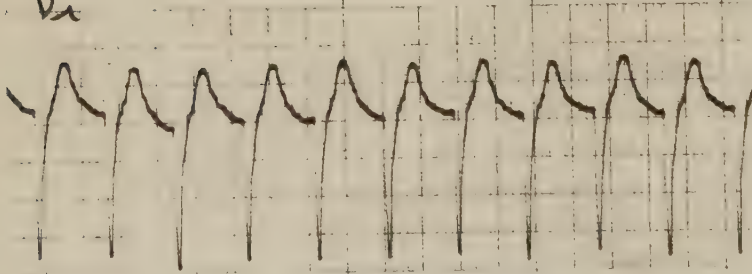
Après 1 flacon

D₁



Avant l'injection
fréquence: 170

D₁



VACHE N° 7

Après l'injection de
250 ml d'Imocalcium

ST diminue
T diminue

EFFETS DU TRAITEMENT CALCIQUE (Imocalcium)
SUR L'ECG

Conclusion :

On a confirmé ici les répercussions électrocardiographiques accompagnant les troubles calcémiques et les traitements calciques chez la vache laitière. L'onde T et le segment ST sont les révélateurs électrocardiographiques de ces déséquilibres métaboliques.

Une étude plus approfondie pourrait peut-être expliquer les différentes modifications de l'électrocardiogramme suivant la formule du soluté employé dans le traitement des fièvres vitulaires.

L'hyperexcitabilité myocardique révélée par l'apparition d'extrasystoles peut expliquer, dans les surdosages, un passage à la fibrillation ventriculaire. Combien de praticiens ont-ils assisté à des syncopes cardiaques à la fin d'une injection de calcium !

3. Cas de cardiopathies secondaires à des pneumopathies

1) Rappels

Les pneumopathies virales des bovins (grippe bovine par exemple) se compliquent très fréquemment de myocardites. Lors de complications bactériennes (à Pasteurella, par exemple), on peut voir apparaître une myocardite secondaire qui peut passer à l'état chronique.

Ces lésions du myocarde sont à l'origine de différents troubles :

- troubles du rythme : arythmie ;
- troubles de la conduction intracardiaque, avec généralement ralentissement de la conduction pouvant aller jusqu'à l'apparition de blocs.

2) Expérimentation personnelle

Au cours des cinq mois d'expérience, nous avons pu rassembler une dizaine de cas de bovins atteints de pneumopathies et susceptibles de présenter des troubles cardiaques secondaires.

.../...

Nous exposerons ici les meilleurs exemples :

CAS n° 1

a) Symptômes

Il s'agit d'une vache frisonne de 10 ans. Elle tousse, présente à l'auscultation des râles pulmonaires bilatéraux et d'importants troubles du rythme cardiaque. Elle traîne ainsi depuis une quinzaine de jours. Sa production de lait a beaucoup baissé.

b) Electrocardiogramme

Arythmie complète confirmant l'auscultation cardiaque.

Etude des ondes :

P diphasique, en feuille de trèfle
 durée : 0,10 seconde

QRS 0,04 seconde

T très grande : 0,5 mV
 On remarque un décalage ST, c'est-à-dire que le segment ST n'est pas isoélectrique. On rapporte cette anomalie, chez l'homme, à la présence d'infarctus myocardiques ventriculaires (la dépolarisation n'est plus uniforme).

c) Analyse des résultats

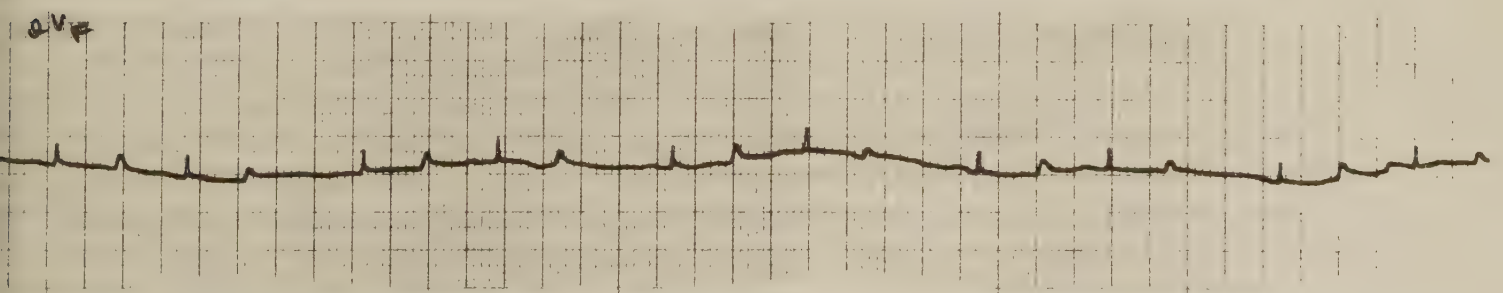
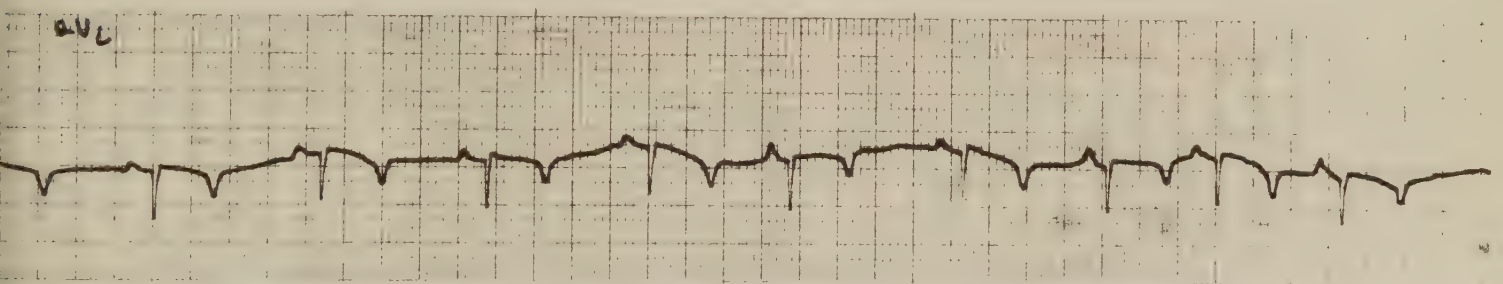
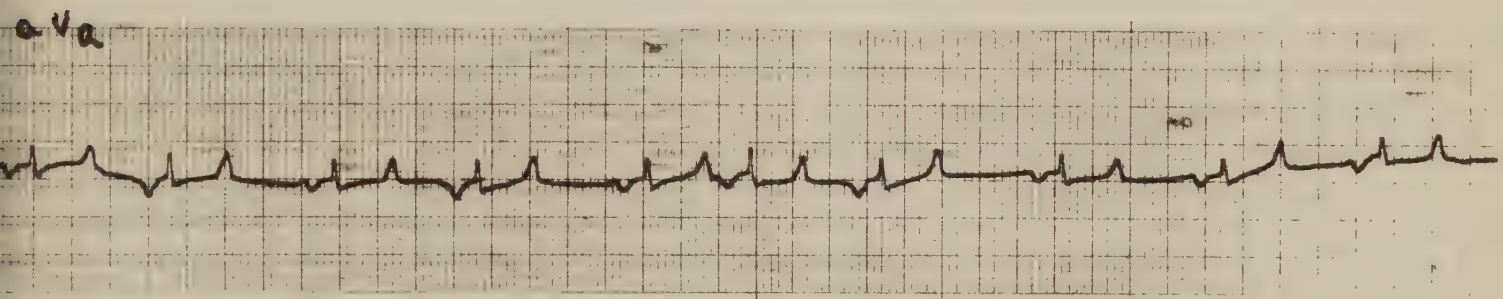
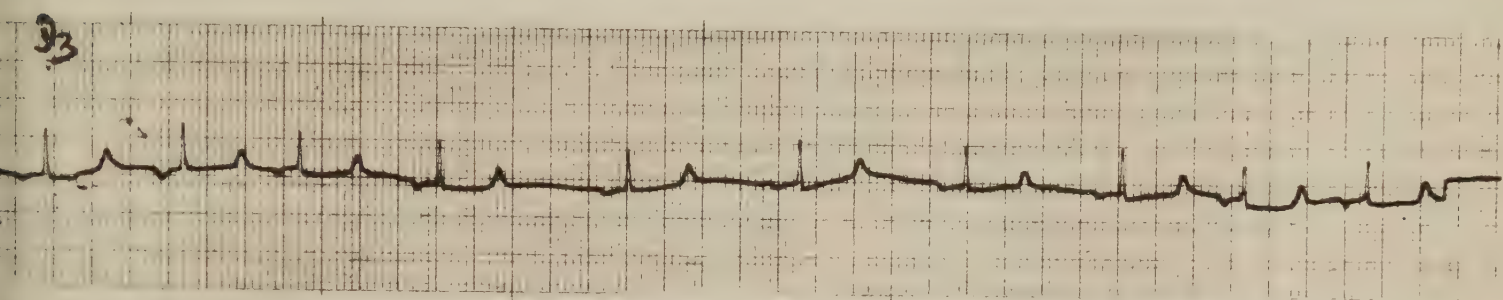
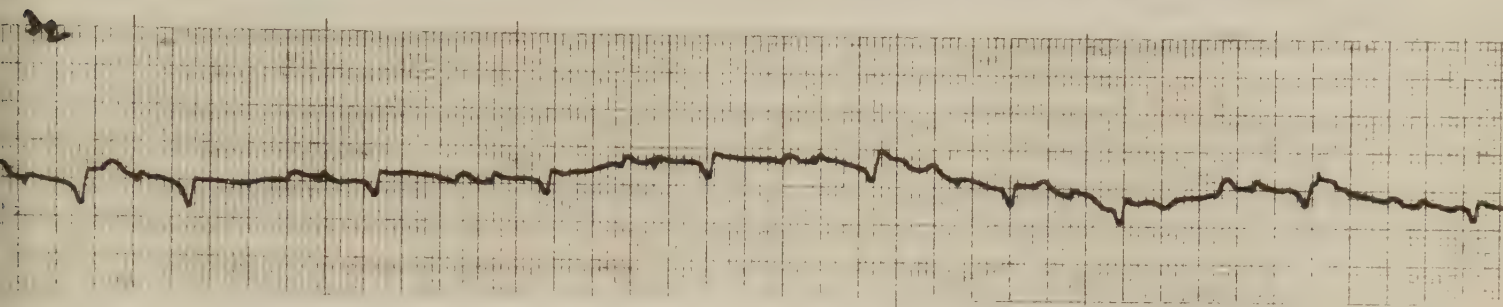
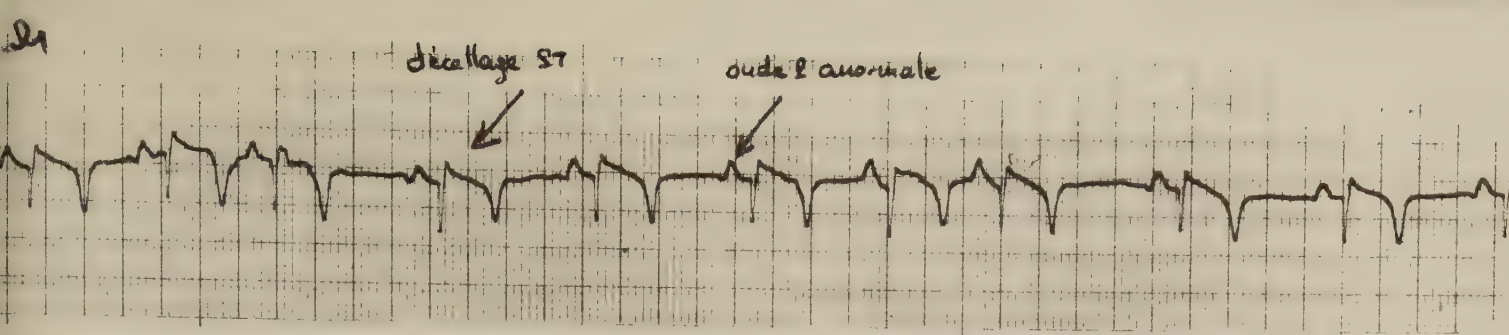
Les anomalies du rythme, de l'onde P et du segment ST démontrent l'existence de lésions myocardiques auriculaires et ventriculaires. On peut penser que ces lésions sont irréversibles et que la production de l'animal n'atteindra plus son niveau habituel.

CAS n° 2

a) Symptômes

Il s'agit ici d'une vache frisonne de 5 ans en mauvais état général. Depuis près d'un mois, elle présente des symptômes pulmonaires. Actuellement, la dyspnée est intense : l'animal est en position d'orthopnée et la respiration est discordante ; à l'auscultation des poumons, on décèle un frottement pleurétique ; le cœur, lui, "tape" fort ; le deuxième bruit paraît rallongé.

On est en présence d'un cas grave de pleuropneumonie.



b) Electrocardiogramme

- rythme régulier à 80 coups/minute ;
- l'onde P est très semblable à celle du cas précédent : diphasique et en trèfle ;
- le complexe QRS est anormal : il présente une pointe en plateau en DI et un décrochement en aVL ;
- le segment ST est isoélectrique ; T paraît normale.

c) Analyse des résultats

Ces anomalies de l'onde P et du complexe QRS révèlent une mauvaise dépolarisation au sein des oreillettes et des ventricules, donc des lésions des fibres myocardiques. Il y a myocardite secondaire au phénomène infectieux pulmonaire

CAS n° 3

a) Symptômes

Il s'agit d'une vache frisonne de 4 ans présentant depuis quelques jours des symptômes pulmonaires (toux profonde) et, depuis deux jours, de la diarrhée. La température rectale est tombée de 41° à 38°4 le jour de l'intervention. Les autres animaux de l'étable présentent les mêmes symptômes, les uns après les autres. Il s'agit probablement d'une enzootie de "grippe" compliquée de pasteurellose.

b) Electrocardiogramme

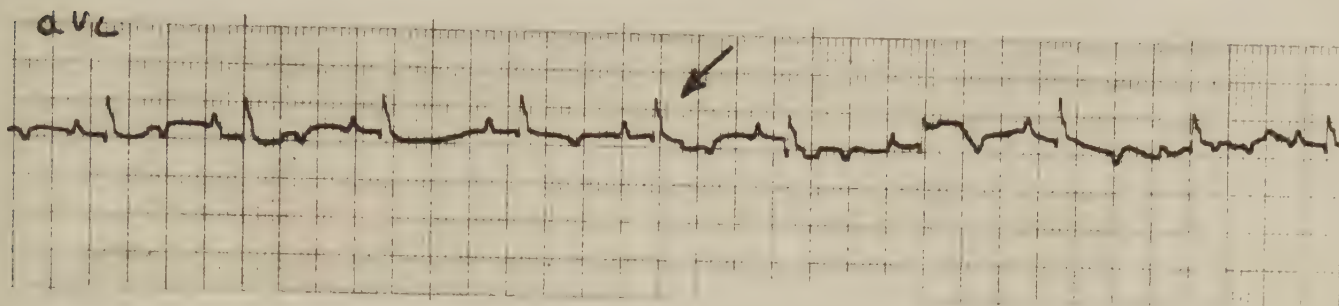
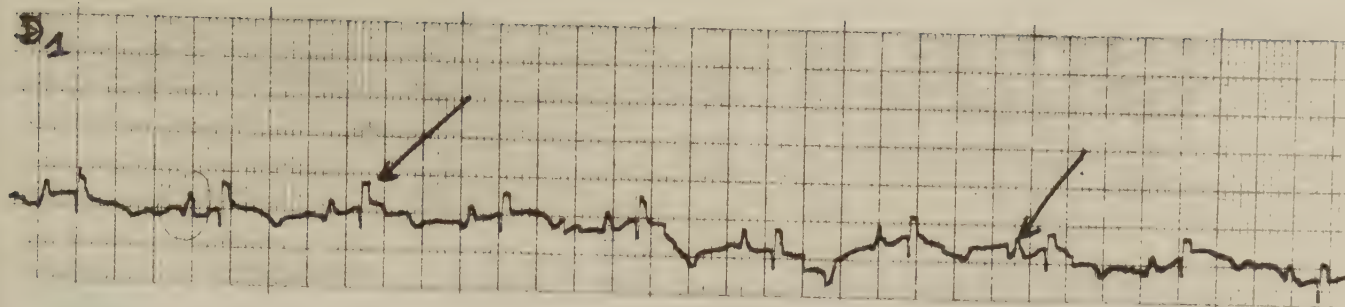
- rythme régulier à 60 coups/minute ;
- l'intervalle PQ est long : 0,20 seconde ;
- le complexe QRS est double en D2 et présente un important décrochement en aVR ;
- l'onde T est grande et irrégulière.

c) Analyse des résultats

L'allongement de l'intervalle PQ correspond à un ralentissement de la transmission auriculoventriculaire (bloc auriculoventriculaire incomplet). Le doublement du complexe QRS montre que les deux ventricules ne se dépolarisent pas en même temps : il y a un bloc de branche. De même que la dépolarisation, la repolarisation s'effectue mal puisque l'onde T est irrégulière.

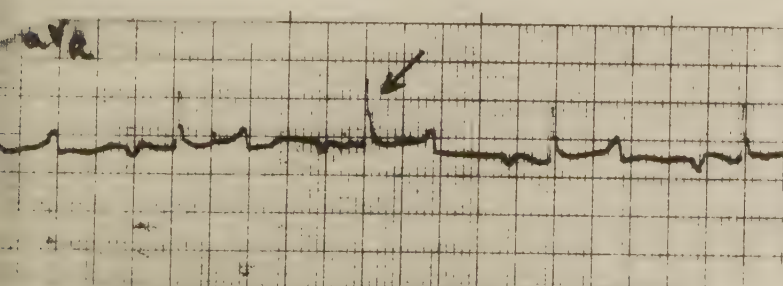
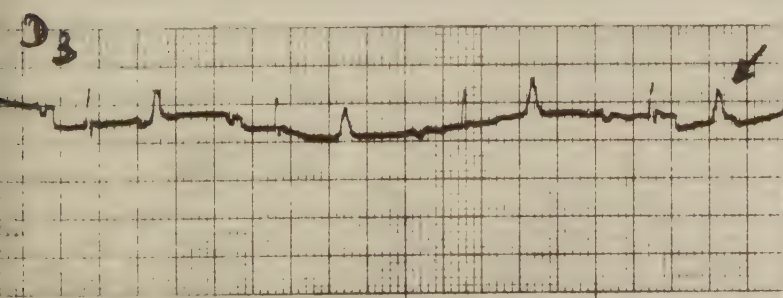
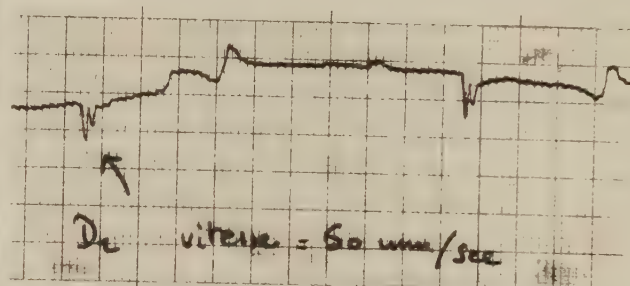
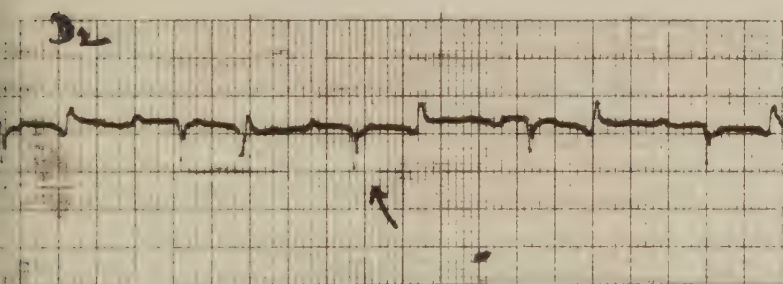
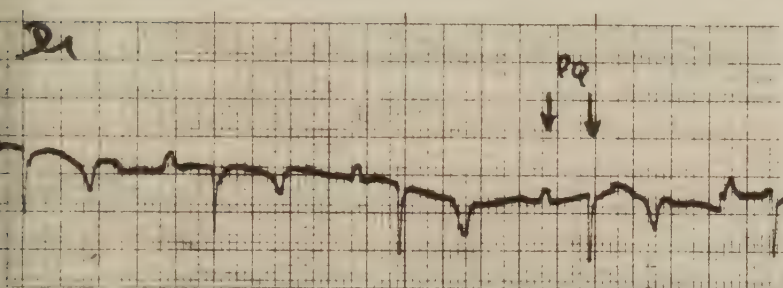
Il y a myocardite secondaire à l'infection pasteurellique.

.../...



C A S N° 2

anomalies de l'onde P et de QRS



C A S N° 3

allongement de PQ
dédoubllement de QRS
anomalies de T

CAS n° 4

a) Symptômes

L'animal, une vache frisonne de 11 ans, présente une forte hyperthermie (40°6), une toux profonde, un début de diarrhée. Un traitement antibiotique effectué deux jours auparavant n'a pas donné de résultats. Nous avons probablement affaire à une "grippe" à virus. A l'auscultation cardiaque, c'est l'anarchie : le rythme et la force des bruits du cœur sont très irréguliers.

b) Electrocardiogramme

- fréquence rapide, mais arythmie complète ;
- l'onde P est remplacée par des ondulations de la ligne isoélectrique ; il y a fibrillations auriculaires ;
- le complexe QRS est très élargi (0,10 seconde) ; il présente des décrochements en D1 ; sa pointe est remplacée par un plateau dans les autres dérivations ;
- l'onde T est grande et souvent irrégulière.

c) Analyse des résultats

Lors de fibrillation auriculaire, les ventricules reçoivent des impulsions désordonnées : ceci explique la tachyarythmie complète.

Les anomalies de QRS et de T reflètent les anomalies de la dépolarisation et de la repolarisation ventriculaires, dues à la souffrance myocardique.

Nous exposerons enfin plus rapidement deux derniers cas intéressants :

CAS n° 5

Génisse d'un an. Suspicion de rhinotrachéite infectieuse (jetage, forte température rectale : 41°C). A l'auscultation cardiaque, le rythme paraît lent pour un animal jeune, et pas tout à fait régulier. Le deuxième bruit est légèrement dédoublé (TOUM-TA-LA).

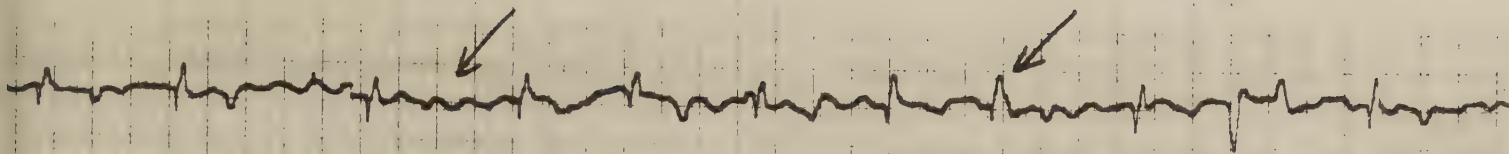
Electrocardiogramme

- arythmie sur un fond de bradycardie ;
- anomalies de QRS en D3 (décrochement).

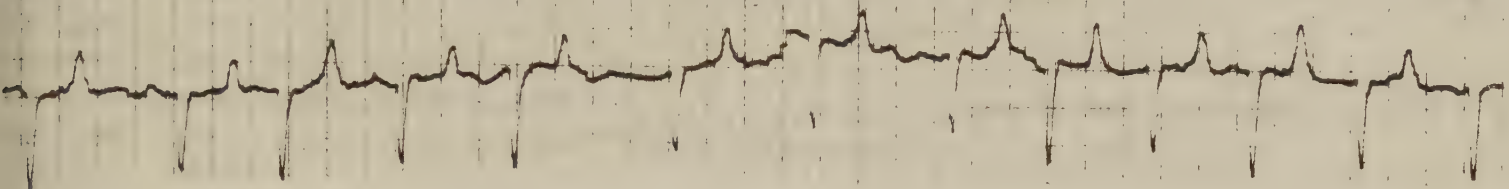
Analyse

L'agression virale aiguë s'accompagne ici d'une myocardite aiguë.

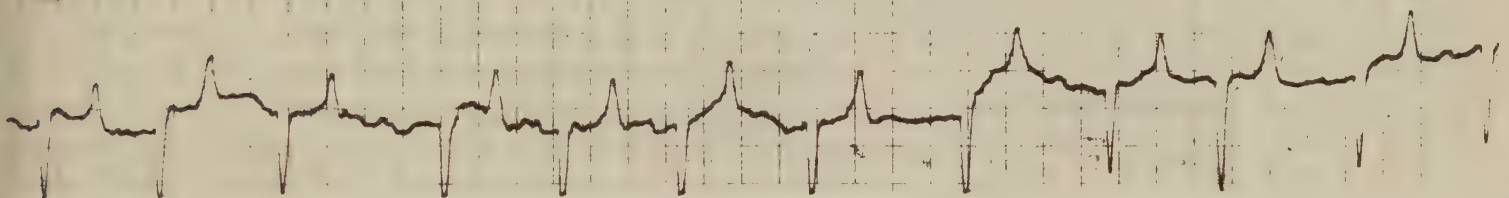
D1



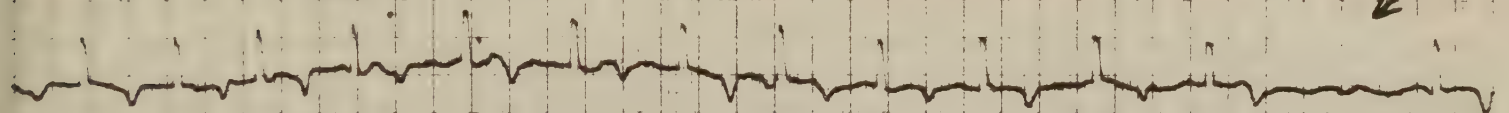
D2



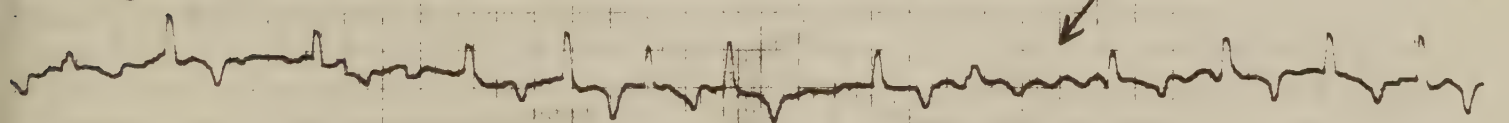
D3



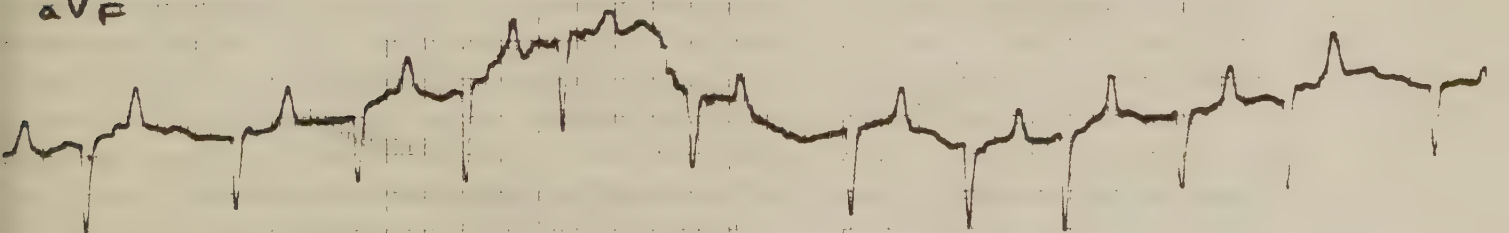
aVR



aVL

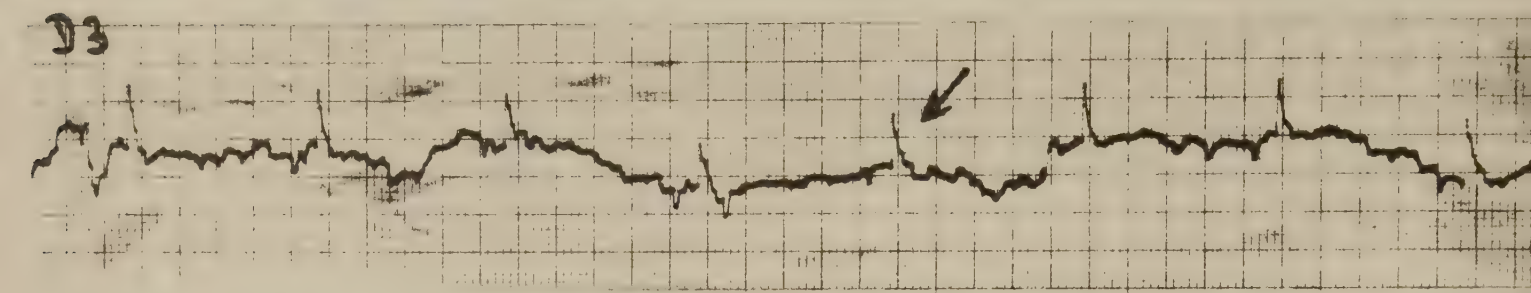
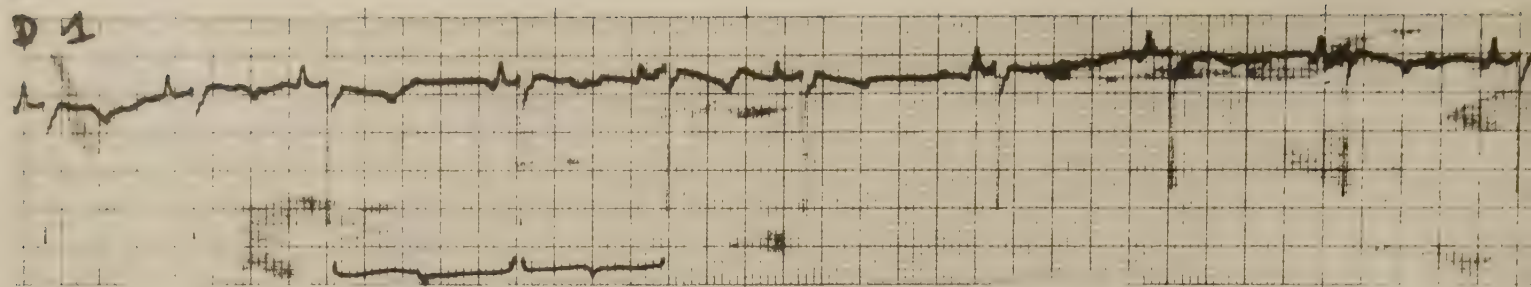


aVF



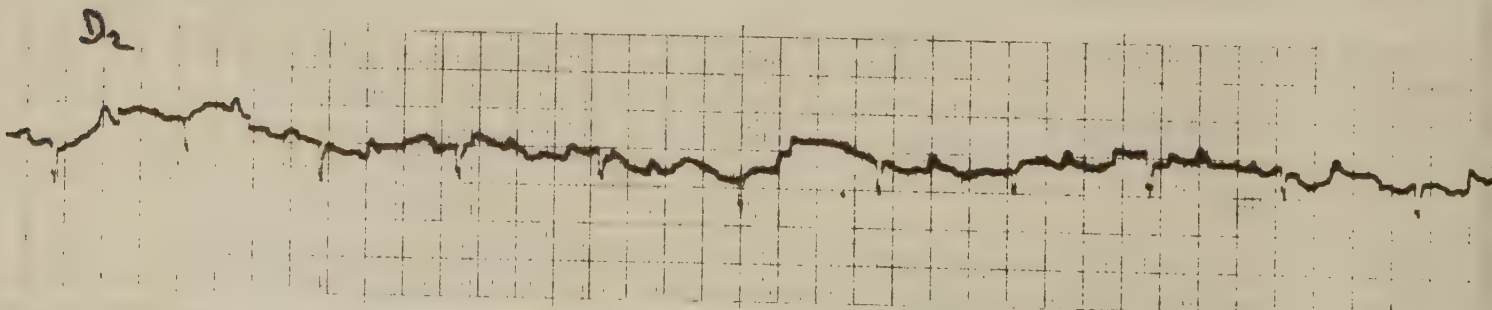
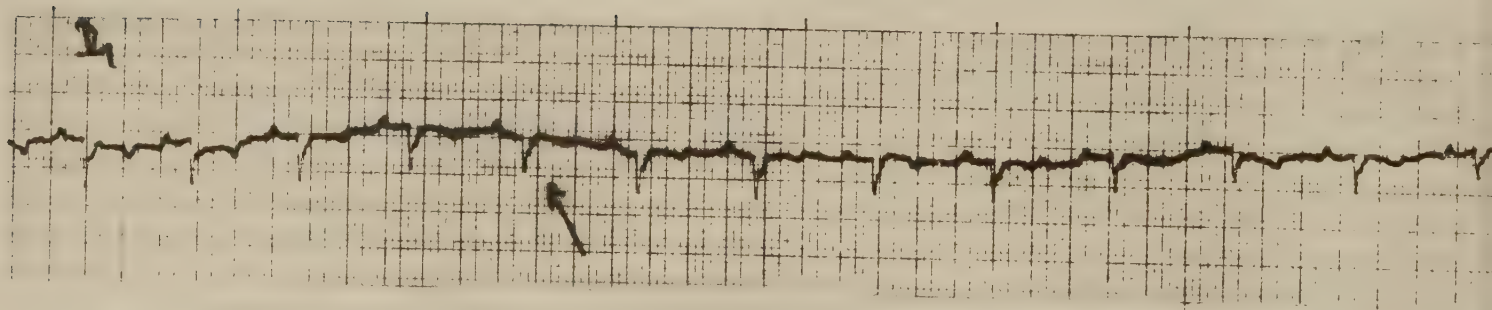
C A S N° 4

fibrillation auriculaire
tachyarythmie complète



C A S N° 5

arythmie
anomalies de QRS



Anomalies de QRS : mauvaise dépolarisation ventriculaire

C A S N° 6

CAS n° 6

Vache frisonne de 5 ans, atteinte d'une pneumonie chronique du poumon droit avec dyspnée, toux sèche et amaigrissement. A l'auscultation des poumons, silence à droite, râles à gauche. L'auscultation cardiaque, elle, ne révèle pas de grosses anomalies du rythme et des bruits cardiaques.

Electrocardiogramme

- fréquence 80 ; pas d'arythmie ;
- principale anomalie : QRS allongé avec décrochements.

Analyse

Les arrondis de QRS révèlent quelques lésions myocardiques, puisque la dépolarisation ne se propage pas régulièrement dans le myocarde.

La myocardite paraît moins grave que dans les cas précédents.

Conclusion

Ces quelques exemples démontrent la possibilité de détecter les principales anomalies électrocardiographiques rencontrées lors de myocardites (arythmies, troubles de la dépolarisation et de la repolarisation).

L'électrocardiogramme pathologique n'est guère utile pour le diagnostic de l'affection, l'auscultation suffisant dans la plupart des cas ; par contre, suivant la gravité des anomalies rencontrées, il peut avoir une valeur de pronostic.

Dans l'exercice de la clientèle, le recours à l'électrocardiogramme dans des cas similaires aux précédents permet néanmoins de confirmer les lésions myocardiques suspectées à l'auscultation.

4. Cas divers

Il nous reste à exposer quelques cas dignes d'intérêt rencontrés au cours de l'expérimentation.

Certains tracés furent effectués sur des animaux atteints de maladies préalablement diagnostiquées et susceptibles de présenter des anomalies électrocardiographiques.

D'autres furent faits à la demande du praticien sur des animaux dont le mauvais état pouvait avoir une origine cardiaque. L'électrocardiogramme représente alors un élément supplémentaire dans la recherche sémiologique.

CAS n° 1

Il s'agit d'une génisse de 6 mois qui présente une cardiopathie congénitale. A l'auscultation, un souffle se prolongeant tout au long de la révolution cardiaque masque entièrement le bruit du cœur.

L'électrocardiogramme montre une bradycardie et une arythmie ; en effet, la fréquence cardiaque (70 à 80) est faible pour un animal de cet âge.

On note aussi des anomalies de l'onde P (en trèfle) bien visibles dans la dérivation D1.

Ces lésions cardiaques ne perturbent que peu la croissance de l'animal et il serait intéressant de suivre l'évolution des modifications électrocardiographiques. Les anomalies de l'onde P et du rythme reflètent une myocardite. Est-elle réversible ou non chez un bovin de cet âge ? L'affection étant congénitale, il est possible que non.

CAS n° 2

Un veau de 10 mois est hospitalisé à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon en pleine crise de tétanos (trismus, opisthotonos, membres raides, queue raide, sueurs ...).

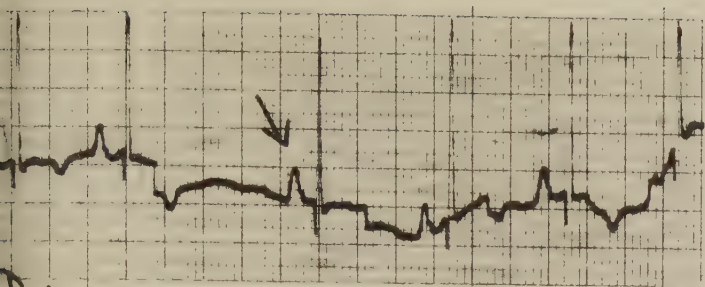
Sur l'électrocardiogramme, on remarque que le rythme est régulier, mais que la fréquence ne l'est pas : elle passe en quelques secondes de 100 à 160.

De plus, des lésions myocardiques sont révélées par les anomalies du complexe QRS qui présente de nombreux décrochements (dépolarisation lente).

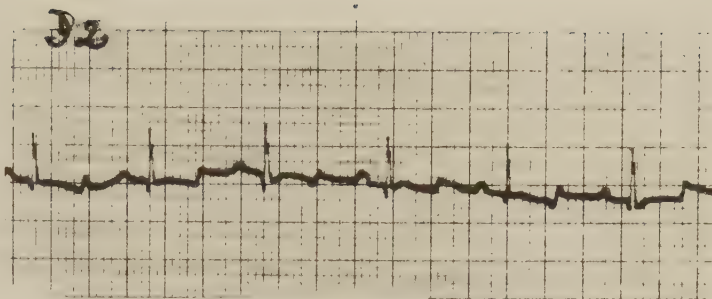
La souffrance musculaire est donc générale, puisqu'elle n'épargne pas le myocarde.

L'animal n'a pas survécu plus de 24 heures.

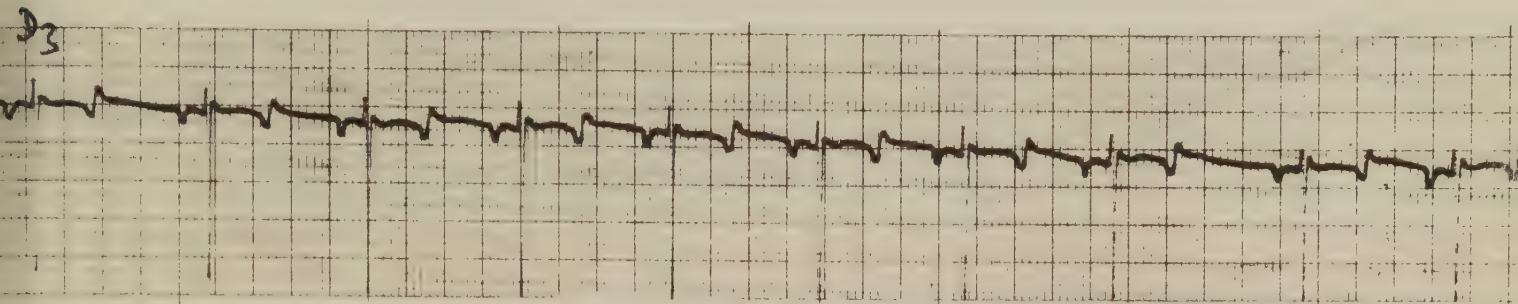
../..



D1



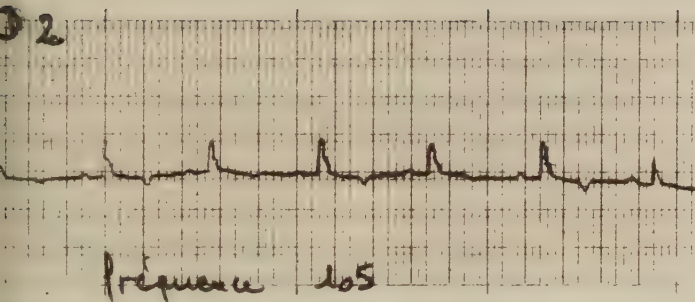
D2



D3

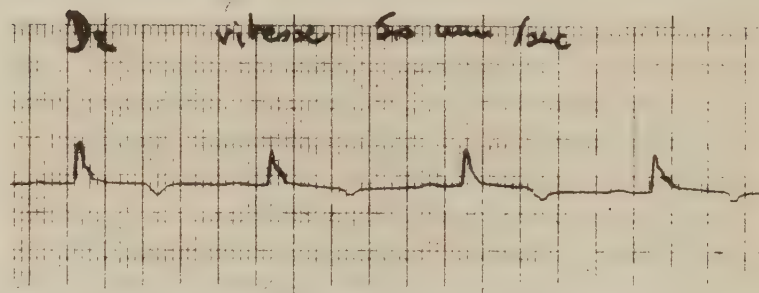
C A S N° 1

Arythmie , onde P en trèfle



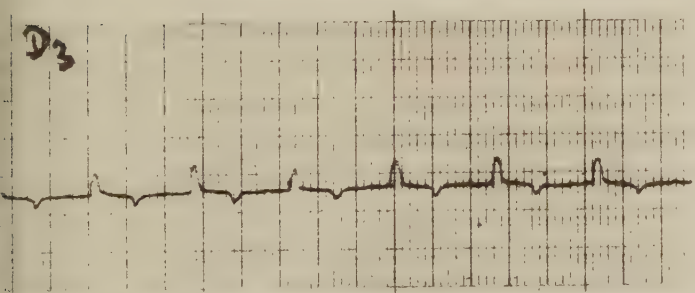
D2

fréquence 105

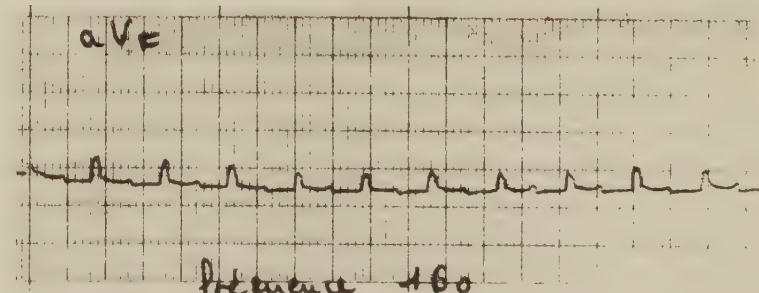


D1

vitesse 50 mm/sec



D3



aVF

fréquence 160

C A S N° 2

Veau Tétanos

CAS n° 3

Il s'agit d'une génisse d'un an présentant de la diarrhée, des ulcères gingivaux et une température rectale de 40°5 C.

Le diagnostic de maladie des muqueuses est porté. Par curiosité, nous avons recherché les répercussions cardiaques.

L'auscultation du cœur ainsi que l'électrocardiogramme ne montrent aucune anomalie du rythme, de la durée ni de la forme des ondes.

CAS n° 4

Un jeune taurillon charolais de 10 mois présentait une symptomatologie fruste, avec de la constipation, de la dysorexie et une mauvaise croissance. A l'auscultation, on notait un dédoublement du deuxième bruit.

Nous avons effectué des tracés électrocardiographiques qui confirmèrent la bradycardie (60 battements par minute) et firent apparaître un dédoublement du complexe QRS. Les deux ventricules ne se dépolarisaient pas simultanément ; il y a dans ce cas bloc de branche.

Il est vraisemblable que les lésions cardiaques étaient à l'origine du retard de croissance.

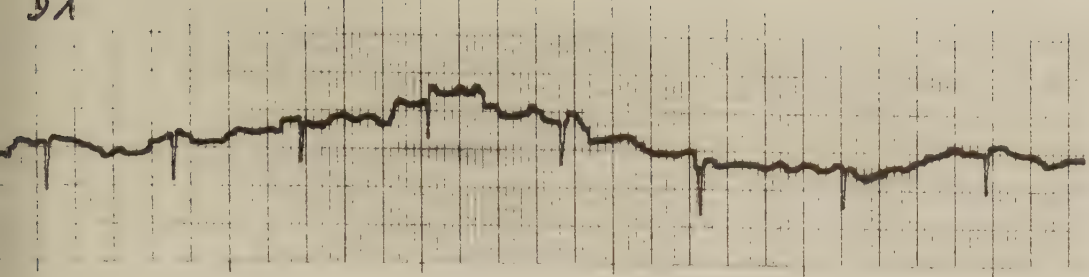
CAS n° 5

Ce cas ressemble au précédent, puisqu'il s'agit d'une vache de 7 ans en mauvais état et présentant à l'auscultation un dédoublement du deuxième bruit.

Le complexe QRS est ici aussi dédoublé, mais toutefois moins nettement que dans le cas précédent.

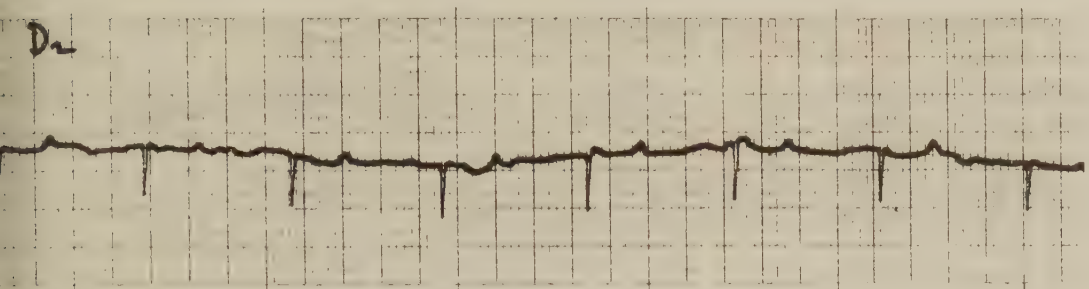
Les ventricules ne se contractant pas simultanément, les valvules sigmoïdes ne se referment pas en même temps. Ceci pourrait expliquer le dédoublement du deuxième bruit et donc faire la relation entre l'auscultation et l'anomalie électrocardiographique. Ce ne sont, bien sûr, que des hypothèses.

D1



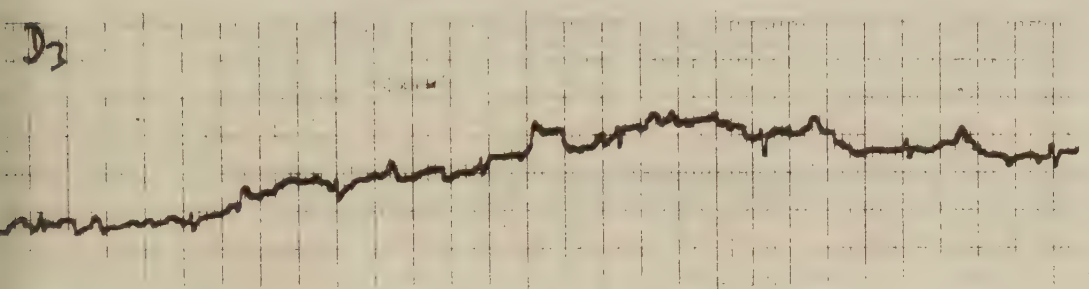
C A S N° 3

D2

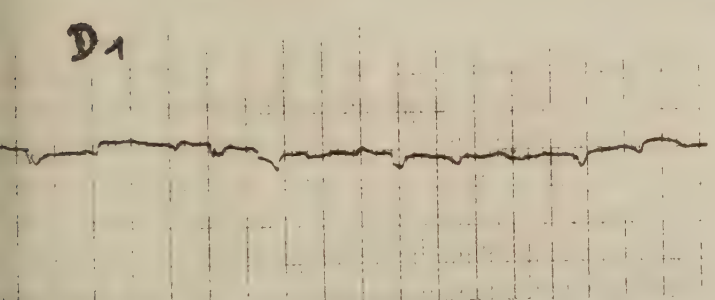


Aucune anomalie
apparente

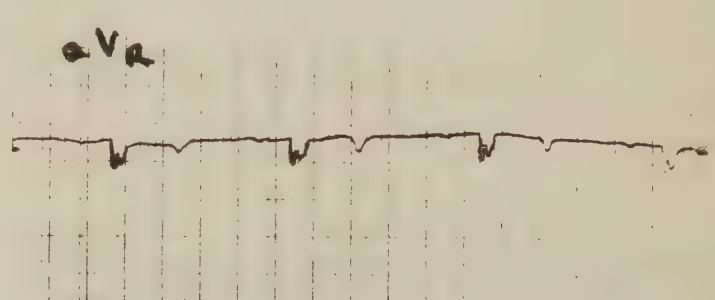
D3



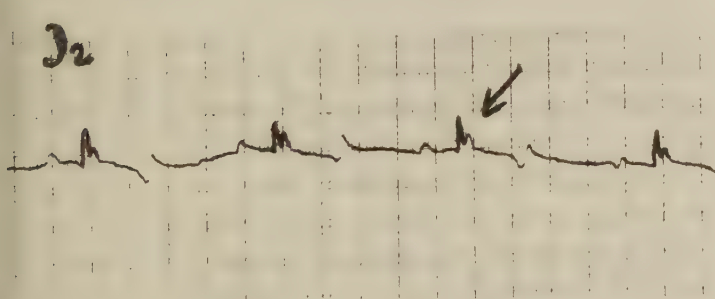
D1



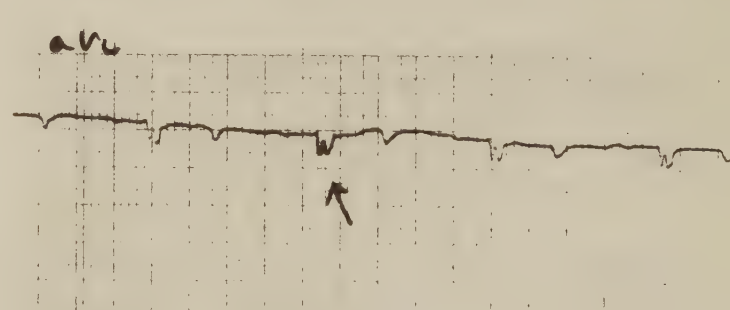
aVr



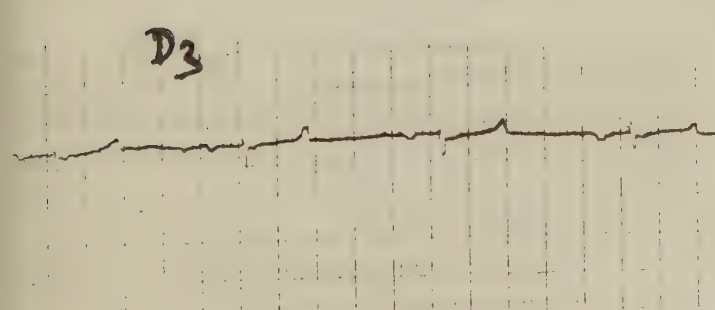
D2



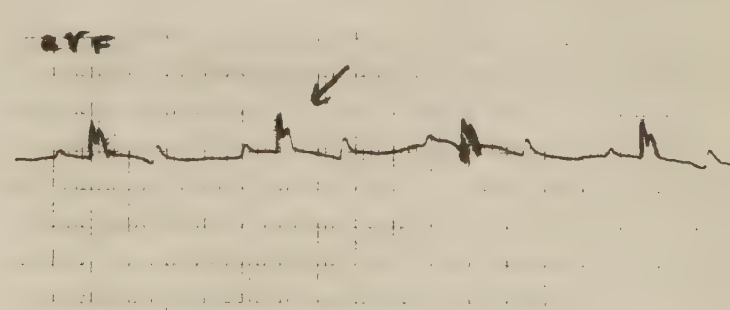
aVr



D3

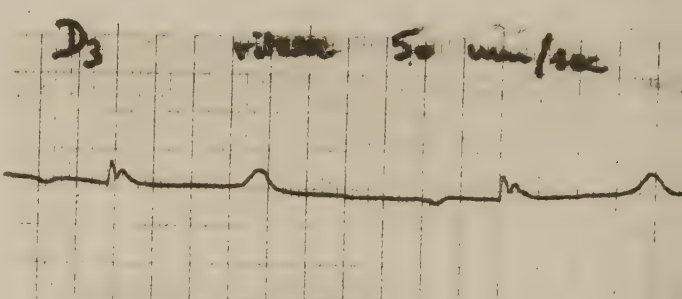
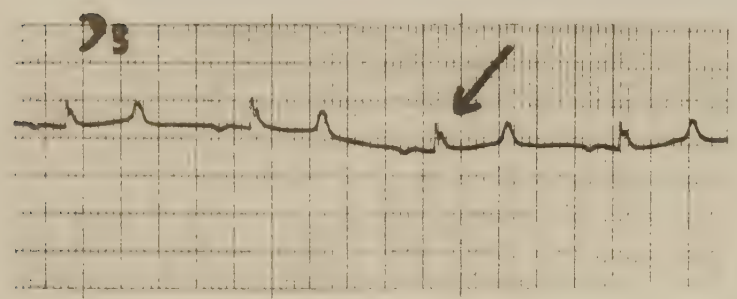
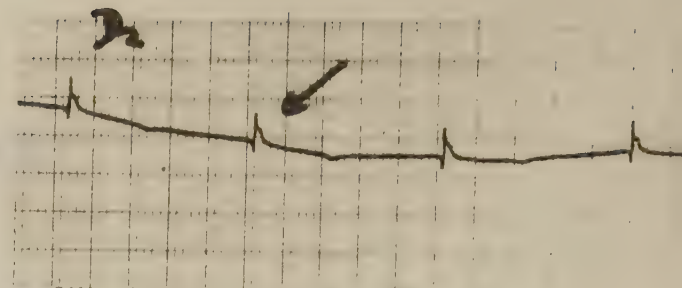
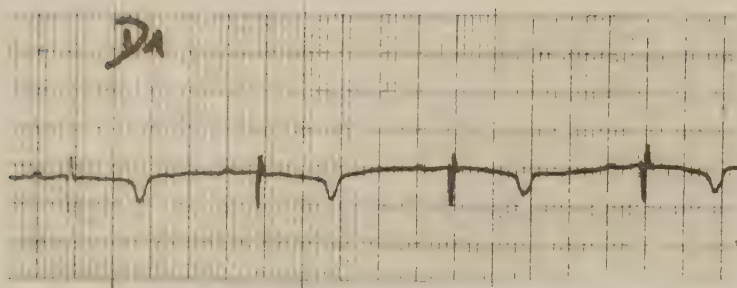


aVF



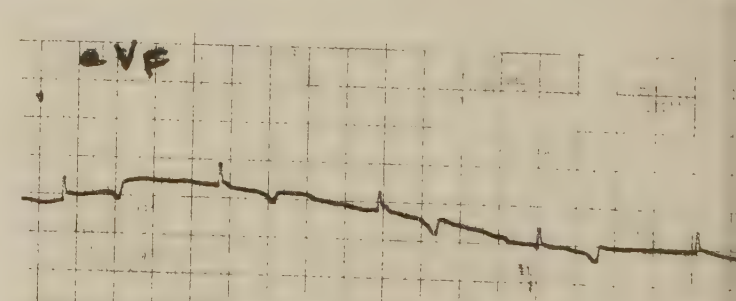
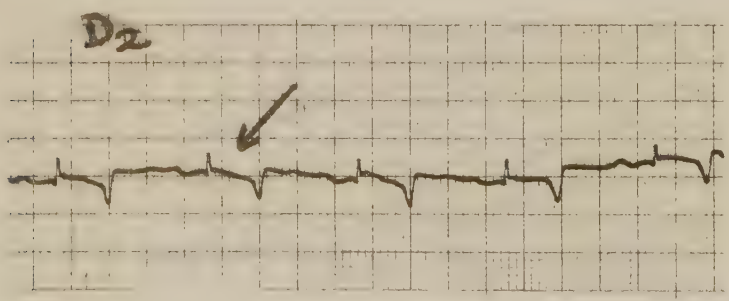
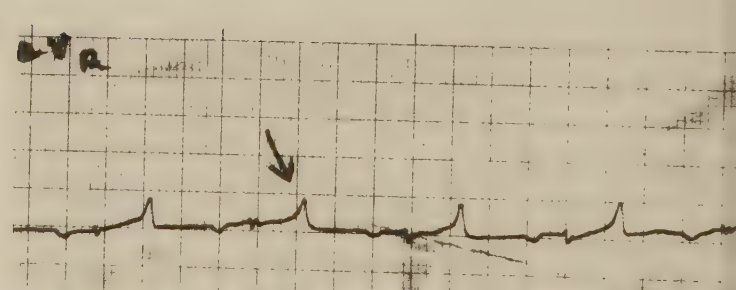
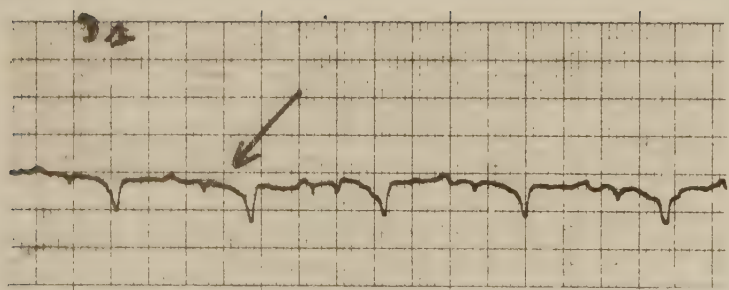
C A S N° 4

Dédoublement de QRS



C A S N° 5

Dédoublement de QRS



C A S N° 6

Décalage ST

CAS n° 6

Il s'agit d'une vache de 3 ans ayant subi une "crise cardiaque" trois mois auparavant avec chute sur le sol. Depuis, elle s'est remise lentement, mais nous avons voulu voir si l'électrocardiogramme présente des anomalies :

la fréquence cardiaque est normale (75 en aV_F);

le rythme est régulier.

Il existe par contre un décalage très net du complexe ST ; c'est apparemment la seule séquelle de la pathologique cardiaque antérieure.

On peut espérer que cet animal pourra assurer une production normale pendant encore quelques années.

.../...

CONCLUSIONS

En nous fondant sur les notions principales d'électrocardiographie fondamentale et sur les travaux précédemment effectués dans l'espèce bovine, en particulier sur le choix des dérivations, nous avons exposé dans un premier temps nos résultats obtenus sur des vaches laitières en bonne santé.

Ces données expérimentales nous ont permis d'aborder, dans un second temps, quelques cas pathologiques intéressants.

Cette étude électrocardiographique nous permet de tirer les conclusions suivantes :

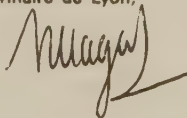
- l'usage d'un électrocardiographe portatif ne pose aucun problème dans l'exercice de la clientèle rurale : il est léger, pratique et rapidement mis en fonctionnement ;

- l'électrocardiographie représente un élément supplémentaire très intéressant de l'exploration sémiologique chez les bovins ;

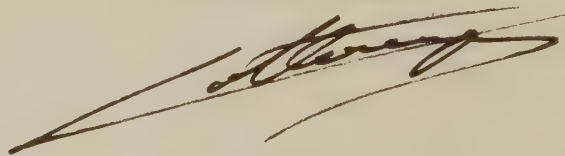
- la pathologie cardiaque n'est pas à négliger chez la vache laitière : l'électrocardiographie permet de diagnostiquer, et souvent de confirmer l'existence de lésions cardiaques ; suivant la gravité des anomalies décelées sur les tracés, le pronostic de la maladie peut souvent être établi.

Nous voyons donc l'intérêt de l'électrocardiographie chez la vache. Elle n'est pas encore de pratique courante, mais connaîtra vraisemblablement un certain essor dans les années à venir.

6.0
Vu :
LE DIRECTEUR
de l'École Nationale Vétérinaire de Lyon,



LE PROFESSEUR RESPONSABLE
de l'École Nationale Vétérinaire,



LE PRÉSIDENT DE LA THÈSE,



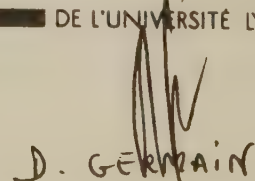
Vu et permis d'imprimer

LYON, le

22 NOV 1975

1976

LE [REDACTED], PRÉSIDENT [REDACTED] DE L'UNIVERSITÉ LYON I



D. GERMAIN

B I B L I O G R A P H I E

§=§=§=§=§=§=§=§=§=§=§=§



- (1) ALFREDSON (B.V.) and SYKES (J.F.)
"Electrocardiograph studies in normal dairy cattle"
Journal of Agricultural Research - July 1942, 65, 2, 61-87.
- (2) BARRUEL (M.L.)
"Contribution à l'étude de l'électrocardiographie chez les bovins"
Thèse - janvier 1959, Lyon.
- (3) BOSC et CHUPIN
"Essai d'application de l'électrocardiogramme au diagnostic de gestation uni- ou multifœtale chez la vache"
Annales de Zootechnie - 1975, 24, 1, 117-123.
- (4) BROOIJMANS (A.W.N.)
"Standardization of leads in veterinary clinical electrocardiography"
Tijdschr. Diergeneesk - 1954, 79, 801-811.
- (5) CHIESA (F.), NOSEDA (V.), AGUGGINI (G.)
"L'elettrocardiogramma della bovina in gravidanza"
Arch. Vet. Italiano - 1959, 10, 2, 135-141.
- (6) CLERC (B.)
"Sémiologie clinique des désordres hydroélectrolytiques et acido-basiques"
Animal de Compagnie - 1975, 3, 145-151.
- (7) GZUB (E.)
"Cardiac function in cattle treated with calcium"
Dtsch. tierärztl. Wschr. - 1961, 68, 298-301.
- (8) DOTTA (U.), BALBO (T.)
"Gli effetti dell'età sull'elettrocardiogramma del bovino"
1 - "Studio statistico in vitelli di età inferiore a 5 mesi".
La Nuova Veterinaria - 1966, XLII, 307.

- (9) DOTTA (U.), BALBO (T.)
 "Gli effetti dell'età sull'elettrocardiogramma del bovino"
 2 - "Studio statistico in vitelli di età compresa tra 6 e 12 mesi"
 La Nuova Veterinaria, suppl. al n. 6
- (10) DOTTA (U.), BALBO (T.)
 "Contributo all'elettrocardiogramma nei bovini : Raffronto comparativo tra metodo tradizionale di derivazione dagli arti ed il metodo proposto da Dubois"
 Annali della Facoltà de Med. Vet. di Torino - 1971, 18, 43-79.
- (11) DRACY (A.E.), RUSSEL, JAHN (J.)
 "Use of electrocardiographic radio telemetry to determine heart rate in ruminants"
 J. Dairy Science - 1964, 47, 561-563.
- (12) DUBOIS (M.)
 "Du choix des dérivations et d'une normalisation de l'électrocardiogramme chez quelques ongulés domestiques"
 Rec. Méd. Vét. - 1961, 137, 425-448.
- (13) EINTHOVEN (W.), FAHR (G.), DE WAART (A.)
 "Über die Richtung und die manifeste Grösse der Potential-Schwankungen im menschlichen Herzen und über den Einfluss der Herzlage auf die Form des Elektrokardiogramms"
 Pflüger's Archiv für die gesamte Physiologie - 1913, 150, 275-315.
- (14) FATORUSSO (V.), RITTER (O.)
 "Atlas d'électrocardiographie"
 Masson et Cie Editeurs, Paris. 1963.
- (15) FAUCHIER (J.P.), BROCHIER (M.)
 "Cœur et électrolytes"
 C.M. - 1974, 2-3, 96, 1389-1397.
- (16) FUZIER (P.E.)
 "Contribution à l'étude de l'électrocardiographie chez les bovins"
 Thèse 1956, Toulouse.

- (17) GABRASCHANSKY (P.)

"Total heart block in a cow"

Mh. Vet. Med. - 1960, 15, 269-272.

- (18) GABRASCHANSKY (P.)

"Traumatic pericarditis in cattle diagnostic significance of the electrocardiographic P notch and RST interval"

Dtsch. tierärztl. Wschr. - 1969, 76, 193-197.

- (19) GHERGARIU (S.), MOLDOVAN (A.), DANIELESCO (N.)

"L'œlectrocardiographie chez les bovins sains et en divers états de maladie"

Zentbl. Vet. Med. - 1969 A, 17, 598.

- (20) GOLDBERGER (E.)

"A simple indifferent electrocardiographic electrode of zero potential and a technique of obtaining augmented unipolar extremity leads"

American Heart Journal - 1942, 23, 483-492.

- (21) HORWATH (D.J.), TODD (J.R.)

"Electrocardiograms of hypomagnesemic calves with or without development of tetany"

American Journal of Veterinary Research - 1971, 32, 1851-1857.

- (22) JUNGE (G.)

"Über die Elektrokardiographie in der Veterinärmedizin unter besonderer Berücksichtigung der allgemeinen Elektrophysiologie und der Ableitung des Rinderelektrokardiogramms".

Arch. Exp. Vet. Med. - 1967, 21, 839-866.

- (23) KARGE (U.E.), WERNER (E.)

"Elektrokardiographische Untersuchungen bei leukoschränkten Rindern"

Mh. Vet. Med. - 1963, 18, 849-852.

- (24) KOLB (E.)
"Physiologie des animaux domestiques"
Vigo Frères, éditeurs, Paris 1965.
- (25) LANK (R.B.), KINGREY (B.W.)
"Electrocardiograms of normal, lactating dairy cows"
American Journal of Veterinary Research - 1959, 20, 273-277.
- (26) LAUTENSCHLAGER (O.)
"Grundlagen der Aufnahmetechnik des Elektrokardiogramms
von Pferd und Rind und ihre Ergebnisse"
Diss. Prace., Giessen - 1928, s, 41, 25 obr.
- (27) LENEGRE (J.), BLONDEAU (M.), BOURDARIAS (J.P.),
GERBAUX (A.), HIMBERT (J.), MAURICE (P.)
"Cœur et circulation"
"La Pathologie médicale" de Pasteur Vallery-Radot, Jean Hamburger,
François Lhermitte - Flammarion Médecine.
- (28) LIGHTOWLER - SAHLBERG (H.), CARLOS
"The bovine electrocardiogram : normal components"
Revta Med. Vet., Buenos Aires - 1970, 51, 197-210.
- (29) MAIWALD (D.), BORNERT (D.)
"Zur Frage der Ableitung bioelektrischer Potentiale von der Körper
ober Fläche am Beispiel der Elektrokardiogramm - Ableitung vom Rind"
Arch. Exp. Vet. Med. - 1966, 20, 959-977.
- (30) MERKLEN (F.P.), BERTHAUX (P.), FORMAN (J.)
"Les anomalies hyperkaliémiques de l'onde T et l'antagonisme
Calcium-Potassium chez les diverses espèces animales"
Revue de pathologie générale et comparée - 1953, 651.

- (31) NEMECĚK
- I - "The effect of starvation and changed position on electrocardiograph in cattle"
- II - "Electrocardiogram changes in chloral hydrate narcotization of cattle"
- III - "Electrocardiographic examination in thiopentobarbital and halothane narcosis in cattle"
- Acta. Univers. Agric. Fac. Vet. Brno - 1968, 37, 399-415 et 545-553.
- (32) NÖRR (J.)
- "Das Elektrokardiogramm des Pferdes, seine Aufnahme und Form"
- Ztschr. f. Biol. - 1913, 61, 197-229.
- (33) NÖRR (J.)
- "Elektrokardiogrammstudien am Rind"
- Ztschr. f. Biol. - 1921, 73, 129-140.
- (34) Numéro spécial "Cardiologie canine" du recueil de médecine vétérinaire d'Alfort, Tome 151 - novembre 1975.
- (35) PLATNER (W.S.), KIBLER (H.H.), BRODY (S.)
- "Electrocardiograms of mule, horse, cattle, sheep, swine and goats"
- Res. Bull. Mo. Agric. Exp. Stu. - 1958, 419, 1-12.
- (36) POUCHELON (J.L.)
- "Les bases théoriques de l'électrocardiogramme"
- Recueil de Médecine Vétérinaire de l'Ecole d'Alfort - 1975, 151, 11, 657-664.
- (37) PRUITT (D.)
- "ECG of bundle branch block in the bovine heart"
- Circulat. Res. - 1962, 10, 593-597.

.../...

- (38) RAKALAWSKA (Z.), CAKALA (S.), BORKOWSKI (T.)
 "ECG changes in cattle with experimental rumen acidosis"
 Polskie Archivum Weterynaryjne - 1973, 16, 4, 589-599.
- (39) RAKALAWSKA (Z.), CAKALA (S.), BORKOWSKI (T.)
 "Effects of starvation on ECG changes in cattle"
 Bulletin of Veterinary Institute of Pulawy - 1974, 18, 32-38.
- (40) RUMSEY (T.S.), PUTMAN (P.A.)
 "EKG, respiratory, saliva flow, serum mineral changes associated
 with Kcl citric acid induced tetany in cattle"
 Journal of Animal Science - 1972, 35, 986-994.
- (41) SANDER (W.)
 "Das Elektrokardiogramm des Rindes"
 Zeutbl. Vet. Med. - 1967, 15 A, 587-634.
- (42) SCHULTZ (R.A.), PRETORIUS (P.J.)
 "An electrocardiographic study of normal goats and cattle wing
 a modified technique"
 Ouderstepoort Journal Veterinary Research - 1972, 39, 4, 209-223.
- (43) SELLERS (A.F.), HEMINGWAY (A.), SIMONSON (E.), PERTERSEN (W.E.)
 "Unipolar and bipolar electrocardiographic studies in dairy cattle"
 American Journal Vet. Research - 1958, 19, 72, 620-624.
- (44) SPÖRRI (H.)
 "Premier cas de syndrome de Wolff - Parkinson - White"
 Schw. Arch. Tierheilk. - 1953, 95, 13-22.
- (45) SPÖRRI (H.), RAGGENBASS (A.)
 "Influence de la calcithérapie sur l'électrocardiogramme dans
 la fièvre de lait"
 Schw. Arch. Tierheilk. - 1941, 82, 325-332.

- (46) SUGANO (H.), YASUDA (T.), NISHIKAWA (H.), TAKETANI (T.)
Report of Iwate Univ. - 1956, 3, 1.
- (47) THIELSCHER (H.H.), FLOCK (D.)
"Elektro- und phonokardiographische Untersuchungen an Herzgesunden Rindern verschiedenen Alters"
Arch. Exp. Vet. Med. - 1967, 21, 835-866.
- (48) TOO (K.), KANAGAWA (H.), KAWATA (K.)
"Fetal electrocardiogram in dairy cattle - Fundamental studies"
Jap. J. Vet. Res. - 1965, 13, 3, 71-83
- (49) TOO (K.), NAKAMURA (R.), HIRAO (K.)
"Studies on applications of electrocardiogram in cattle"
Jap. J. Vet. Res. - 1958, 6, 230-244.
- (50) UESAKA (J.)

Jap. J. Zootech. Sci. - 1943, 15, 177.
- (51) VACIRCA (G.)
"Electrocardiogram in traumatic pericarditis"
Atti. Soc. Ital. Sci. Vet. - 1954, 8, 813-815.
- (52) VAN ARSDEL (W.C.), KRUEGER (H.), BOGART (R.)
"Orientation vectrice des axes de P, QRS et T chez les bovins de boucherie"
Amer. J. Vet. Res. - 1963, 24, 102, 956-963.
- (53) VAN ARSDEL (W.C.), KRUEGER (H.), BOGART (R.)
"The W.P.W. syndrome in a Hereford cow"
Zbl. Vet. Med. - 1964, 11 A, 56-59.

- (54) VENTUROLI (M.), DAVALLI (F.)
"ECG investigation in cattle with leucosis"
Atti. Soc. Ital. Buiatria - 1969, 2, 656-664.
- (55) VENTUROLI (M.), RIZZI (P.), PETAZZI (P.)
"Clinical and ECG features of experimental acute lindane poisoning in cattle"
Nuova Veterinaria - 1973, 49, 6, 293-298.
- (56) WALLER (A.D.)
"On the electromotive changes connected with the beat of the mammalian heart and of the human heart in particular"
Philosophical transactions of the Royal Society - 1889, Series B, 180, 169-194.
- (57) WILSON (F.N.), JOHNSTON (F.D.), ROSEBAUM (F.F.), BARKER (P.S.)
"On Einthoven's triangle, the theory of the unipolar electrocardiographic leads, and the interpretation of the precordial electrocardiogram"
American Heart Journal - 1946, 32, 277-310.
- (58) ZHELEV (B.), ANGELOV (A.), BREGOV (R.)
"Experimental streptococcal endocarditis in cows"
Veterinarnomiditsinski Nank Bulgaria - 1974, 11, 8, 13-18.

TABLE DES MATIERES

§=§=§=§=§=§=§=§=§=§=§=§=§



RAPPELS DE CARDIOLOGIE ET D'ELECTROCARDIOGRAPHIE FONDAMENTALES... 1

- I - Propriétés du muscle cardiaque.
- II - Notions d'électrocardiographie.

ETAT ACTUEL DES CONNAISSANCES ELECTROCARDIOGRAPHIQUES
CHEZ LES BOVINS..... 16

- 1) Choix des dérivations à employer chez les bovins.
- 2) Données électrocardiographiques obtenues sur des bovins normaux.
- 3) Diagnostic de gestation multifoetale par électrocardiographie.
- 4) Etudes électrocardiographiques effectuées sur des vaches atteintes de certains syndrômes.

METHODE ET MATERIEL UTILISES DANS L'EXPERIMENTATION
PERSONNELLE 33RESULTATS ELECTROCARDIOGRAPHIQUES OBTENUS SUR DES VACHES
EN BONNE SANTE 36ETUDE DE QUELQUES ELECTROCARDIOGRAMMES PATHOLOGIQUES 49

- 1) Cas d'endocardites valvulaires.
- 2) Perturbations du fonctionnement cardiaque accompagnant une hypocalcémie.
- 3) Cas de cardiopathies secondaires à des pneumopathies.
- 4) Cas divers.

CONCLUSION 80BIBLIOGRAPHIE

REPORT OF THE COMMISSIONER OF THE GENERAL LAND OFFICE

- I - General statement of the work of the Commission
- II - Details of the work of the Commission

STATE OF THE COMMISSION OF THE GENERAL LAND OFFICE

1. General statement of the work of the Commission
2. Details of the work of the Commission
3. Details of the work of the Commission
4. Details of the work of the Commission
5. Details of the work of the Commission

REPORT OF THE COMMISSIONER OF THE GENERAL LAND OFFICE

STATE OF THE COMMISSION OF THE GENERAL LAND OFFICE

REPORT OF THE COMMISSIONER OF THE GENERAL LAND OFFICE

1. General statement of the work of the Commission
2. Details of the work of the Commission
3. Details of the work of the Commission
4. Details of the work of the Commission
5. Details of the work of the Commission

